

4.2 都市河川の防災的活用

4.2.1 延焼シミュレーションを用いた都市河川などの消防水利の活用手法の検討

阪神・淡路大震災では、都市防火区画などの都市計画的防災対策の効果が確認された。一方、老朽木造住宅等が密集する街区内部における火災による被害が極めて大きく、地区レベルでの防災対策の必要性が明らかとなった。なかでも、消防水利の不足による消防活動困難は、大きな問題としてクローズアップされた。

消火栓が使用不能となり、防火水槽の容量が尽きたとき、最後の取水先とされたのは自然水利である都市河川であった。災害時水利としての都市河川利用の有効性、あるいは、最後の砦としての都市河川利用の必要性が示されたといえる。

一方、河川行政においては、都市河川の多様な機能を見直そうという機運が高まってきており、都市を構成する一施設としての川の役割が認識されてきている。河川の消防水利としての利用もその一つである。しかし、従来の河川整備が治水目的中心だったことから、河川整備と消防利用が必ずしも両立しない場合もみられる。

都市河川は、都市内に数多く存在する自然水利という特性を生かし、より積極的に活用される必要がある。本研究は、河川等を消防水利として利用する際の問題点を明らかにするとともに、その解決法、消防水利利用に配慮した河川の整備手法を示すことを目指す。

4.2.2 延焼シミュレーションを用いた都市河川などの消防水利の利用可能性の把握

(1) 阪神・淡路大震災における消防水利確保上の問題点

消防水利の不足が大きな問題であった阪神・淡路大震災の事例を検討することで、現況の都市における震災時消防水利の問題点、河川等の消防水利利用にあたっての問題点等を調べた。

(a) 消防水利確保の概況

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災は、兵庫県淡路島北部を震源としたマグニチュード7.2の都市直下型地震である。神戸市の火災被害は発生件数176件、焼失面積は約82万m²であった。地震発生後の火災に対しては、消防要員・資機材の不足、消防用水源の不足、人命救助の優先、交通渋滞、消防無線の混乱などによって、十分な消火活動が実施できなかった。とりわけ、消防用水源の不足は各所で発生し、重要な問題となった。

多くの火災現場で、消防機関は断水した消火栓をあきらめ、学校のプール水、防火水槽、河川水、海水などを消火に活用した。

神戸市で活用された河川は、次の9河川である¹⁾。

- ・東灘区...天井川、要玄寺川、住吉川、高橋川

表 4.2.1 震災時の消防水利使用実態

単位：箇所

消防水利 使用実態 (箇所)	神戸市		芦屋市		西宮市		尼崎市	
	通常時 (年間)	震災時 (10日 間)	通常時 (年間)	震災時 (10日 間)	通常時 (年間)	震災時 (10日 間)	通常時 (年間)	震災時 (10日 間)
消火栓	1083	4	10	1	65	0	206	2
防火水槽	18	74	0.4	8	11.4	29	17	5
河川	6	55	0.2	3	1.8	19	5	4
プール	1.6	29	0	1	0.2	2	3	1
その他	315	380	19	11	48.6	11	0	0

注1) 震災時は1月17日から約10日間の平均

注2) 通常時はH2～H6年の年平均

注3) 関連消防へのヒアリング結果より作成

- ・灘区...都賀川
- ・中央区...生田川
- ・兵庫区、長田区...新湊川
- ・須磨区...妙法寺川
- ・垂水区...塩屋谷川

表 4.2.2 阪神地域各都市の消防水利の現況⁴⁾

	神戸市	尼崎市	西宮市	東京 23区：参考
市街地面積	194.8	52.3	9.7	568.3
消火栓数	25,040	4,846	841	81,895
防火水槽	100m ³ 以上	78	11	3
	40～100m ³	951	775	54
	20～40m ³	203	98	2
	合計	1,232	884	59
	1km ² 当り水槽数	6.3	16.9	6.1
1km ² 当り水槽数	0.4	0.2	0.3	4.9

備考：水槽数 = 合計 / 面積， = 100m³以上 / 面積〔資料出典：消防年報 1993〕

表 4.2.1 は、震災時の消防水利使用実態（近畿地建調べ）¹⁾ であるが、神戸市での通常時（年間）の消火栓利用力所数は

1,083 箇所なのに対し、震災時には 4 箇所しか利用されていない。これは、地震による上水道の断水の影響と考えられる。それに対し、河川の延べ使用箇所数は、通常時 6 箇所に対して震災時 55 箇所となっており、多くの場所で河川が緊急的に使われたことが分かる。

(b) 消防水利確保上の問題点

阪神・淡路大震災での消防活動事例（文献 2）、3）等を参考に記載された河川水利用事例をみると、いくつかの阪神・淡路大震災における消防水利全般の問題点が読みとれる。

消火栓の断水及び防火水槽の容量不足

表 4.2.2 に、阪神地域各都市の消防水利の現況を示すが、神戸市や芦屋市の防火水槽数は 1km² 当たり 6 力所程度であり、東京 23 区の 1 / 4（100m³ 以上は 1 / 10）にしか過ぎなかった⁴⁾。また、消火栓の断水対策も厳重になされていなかった。したがって、多くの地点でみられたのは、消火栓をあきらめた後に防火水槽やプールへと部署し、水が尽きたために河川や海水を利用するというパターンであった。

利用できる水利から放水地点までの距離が長かった点

例えば、兵庫区会下山公園南周辺での消火活動事例³⁾では、河川の取水可能な地点は数カ所に限られたため、1,700m 離れた新湊川で取水した水をタンク車でピストン輸送しなければならなかった。また、ホースをつないだ場合も、新湊川の取水箇所から会下山公園を迂回する約 800m もの延長（65mm ホース 4 線）を行わなければならなかった。

長田区（水笠通～須磨区境界）では、長田港の消防艇を元ポンプとするホース延長を行ったが、7 台の消防車の中継に入れ、延長距離は約 2km に渡った。

このように、阪神・淡路大震災で顕在化した消防水利の確保上の最大の問題点は、消火栓断水が想定されておらず、断水により消火栓が使えなかったこと、さらには、防火水槽等の容量も小さく、消火用水が絶対的に不足したことである。また、確保できた水源から放水地点までの距離があり過ぎてホースを多数つなげなければならなかったこと（通行車によってホースの破断等の問題が発生した場合もある）、タンク車が取水した水をピストン輸送しなければならなかったことなどから、放水までに非常な時間のロスが生じたことも大問題であった。

以上より、大都市の消防水利の整備において、水源を多元化し、消火栓以外の水源も確保して高密度に配置することの重要性が示されている。また、比較的水量が大きい、河川をはじめとする自然水利の有効活用の必要性が証明されたといえる。

(c) 河川水利用上の問題点

阪神・淡路大震災の消火活動においては、河川水が有効に活用されたが、同時に、一般的都市河川を消

火用水として利用するにあたって多くの障害が生じたことは見逃せない。

地盤高と水面の落差が大きいことによる取水困難

神戸の多くの河川は、洪水の流下能力確保のため、深く掘り込まれた断面形状となっている。その結果、平常時の流量が少ないときには地盤面から水面までの高さが非常に大きくなっている。

しかし、現在の消防ポンプ車の能力では、概ね 7m 以上の高低差がある場合に直接吸水することは出来ず、深い掘込の河川からの取水に際してはこの点が問題となる。

例えば、兵庫区会下公園南周辺の消防活動において取水された新湊川・東山小北側地点では、当初の水面までの高さが 10m あり、ポンプ車の給水能力の限界高さを超えているために取水できなかった。水量の増加と堰上げで水位が上がり、ようやく取水が可能となった。

また、長田区御蔵通 5 丁目周辺の消防活動では、水面までの高落差の問題を克服するため、可搬式小型動力ポンプを新湊川に設置してポンプ車に中継するといった苦肉の策を講じた。これ以外にも、水面までの落差が高い河川において小型動力ポンプを利用した事例は数多くみられた。

水深（指定水利の基準では 0.5m 以上）が浅いことによる取水困難

水深が小さい（概ね 50cm 以下）場合には、吸管を直接下に降ろしても空気を吸い込んでしまい、消防ポンプ車での吸水ができない。したがって、土嚢などで川を堰き止め、十分な水深を確保する必要がある。

例えば、中央区二宮町 1 丁目の消防活動における生田川の取水では、水深不足に対処するために川を堰き止め、10t 簡易水槽を設置することでタンク車等への給水が可能となった。

兵庫区会下公園南周辺の消防活動では、永沢雨水幹線からの取水が行われたが、水深が浅いため、植物プランターや防水シートで堰き止めて水深を確保する必要があるがあった。その他、新湊川をはじめする多くの河川において、土嚢などで堰き止めて水利を確保した事例が報告されている。しかし、消防車は通常 4 名乗組のため、土嚢を積んで水を取水するのに 20 分はかかってしまう⁵⁾とのことから、大幅な時間のロスが生じたものと考えられる。

水量不足

例えば、長田区新長田駅南周辺の消防活動では、新湊川から取水していたが、引き潮とともに水涸れが生じたという。また、長田区御蔵通 5 丁目周辺の消防活動では、可搬式小型動力ポンプを設置して新湊川から取水していたが、水量不足に悩まされたと報告されている。

河川と現場の距離が遠いこと

多くの河川で、ポンプ車を川岸に寄せることができる場所が限られ、火面から遠い地点で取水する必要が生じた。

例えば、兵庫区会下公園南周辺の消防活動においては、新湊川で取水できる場所が数カ所に限定されたため、最も近い取水場所まで 400m あったという。また、長い距離をポンプ車の連結による中継送水した場合、交通によってたびたびホースが破断し、交換に手間取る結果となった。

以上の例のように、阪神・淡路大震災での河川水の消防利用においては、高すぎる水面への落差、浅すぎる水深、水量不足、河川と現場との距離などの問題が顕在化した。一刻を争う消火活動においては、これらの障害は火災被害の大小を左右しかねないものである。

島谷ら⁶⁾は、震災後の 2 月から 4 月にかけて阪神地区の主要 16 河川を対象に水質・水量を調査してい

る。震災発生直後とは時期が異なるため、厳密な議論はできないが、参考としてこのときの調査値を用いて、阪神地区の河川の消防利用可能性（水量）について試みる。神戸市内の10河川では、調査期間平均で流量約1.0m³/s、日量約8.64万m³、比較的流量が豊富な河川は、住吉川(0.10m³/s)、都賀川(0.12m³/s)、生田川(0.15m³/s)、新湊川(0.53m³/s)で、その他は妙法寺川(0.05m³/s)、天井川(0.007m³/s)、宇治川(0.005m³/s)、西郷川(0.005m³/s)と非常に少なく、高橋川、石屋川には水がほとんど流れていなかった。

消防水利の基準（後述）では、毎分1tで40分間の給水が可能な水量が基準とされており、秒当たり直すと0.0167t/sである。震災時に取水された¹⁾天井川、高橋川ではこの値を下回っている。また、最も沢山の水を取ったのは新湊川である⁵⁾。しかし、多くの地点での取水に苦労した報告があるのは、取水地点が多かったことによる水量減、一般に、神戸の川は急勾配であることから水深が浅いことなどが影響したと考えられる。

4.2.3 都市河川の消防利用に関する現地調査

(1)調査概要

阪神・淡路大震災時の神戸の河川にみられたように、治水整備が進んだ都市河川は、消防水の取水に適した形状をしているとは言い難い状況にある。消防利用に配慮した都市河川整備を推進する上では、都市河川の消防利用を阻害する要因を把握し、対策を講じる上で問題点を明らかにする必要がある。そこで、東京都内の都市河川を対象に震災時の消防取水の可能性に関する沿川調査を実施した。

調査対象は、東京都内にある4河川のそれぞれ約3km区間（表4.2.3）とした。調査区間について、水量（流量）、水深、断面形状（水面と地盤の落差、道路から水際への距離）、付帯構造物、フェンス形状（構造、高さ、出入口の有無・施錠の有無）、側道（道路）の幅・通行阻害要因等について、資料収集及び現地踏査により調べた。なお、現地調査は当該区間に渡って基本的に100mピッチで実施したが、橋梁や特性の変化地点については全て調査した。

表 4.2.3 調査区間一覧

河川名(区間)	川幅	断面形状等	河床勾配 感潮・非感潮	計画高水流量 (m ³ /s)	備考
北十間川 (隅田川合流点から東)	約20m	大部分は直立の矢板護岸、所々に高水敷状のテラス整備	勾配ほぼゼロ 感潮	-	周辺はゼロメートル地帯 「運河型」河川景観
神田川 (環七道路交差から上流)	約10m	掘込（護岸は直立に近い）	1/700～1/500 非感潮	90～100	「都市河川型」河川景観
石神井川 (京浜東北線交差から上流)	約20m	掘込（護岸は直立に近い）	1/550 非感潮	480(暫定290)	「都市河川型」河川景観
新河岸川 (埼京線交差から上流)	約80m	単断面、調査区間の大部分は高潮対策の整備済（特殊堤）	1/6,100 感潮	700～770(暫定470～530)	総合治水対策特定河川 「大川型」河川景観

表 4.2.4 設定した条件

水深	0.5m以上あるかどうか（消防水利の基準を参考）
水量（流量）	流量1m ³ /min(0.0167m ³ /sec)以上もしくは十分な貯留量があるかどうか（消防水利の基準を参考）
地盤高と水面との落差	4.5m以下（消防水利の基準を参考）もしくは7.0m以下（東京都の運用基準を参考）かどうか
消防車の部署	川岸に消防車が部署した場合、水面まで吸管延長10m（吸管1本）もしくは20m（吸管2本）で届くかどうか 側道（道路）の幅が2.5m以上、6.0m以上、8.0m以上あるかどうか、さらには、外部から、2.5m以上、6.0m以上、8.0m以上の道路のみを通してアクセス出来るかどうか 道路幅の区分は、震災時の道路閉塞による通行不可を考慮するために設定した。
水面へのアクセス	川岸から水面まで人員のアクセスが可能かどうか（緩傾斜護岸、護岸への梯子等の設置など）

(2)調査結果

消防水利の基準⁷⁾等を参考にして、河川からの取水の可否を左右すると考えられる条件をいくつか設定し(表4.2.4) それらの充足状況について、調査区間(左右岸)について整理した。

図4.2.1は、調査河川の全河岸の水深に関する条件の充足状況である。図は、全河岸(左右岸合計)に占める割合で示してある(以下同様)。勾配が比較的急な神田川、石神井川において、8割以上の地点が水深不足となっている。また、水量(流量)の条件に関しては、調査地点全てで満足されていた。

図4.2.2は地盤高と水面との落差であるが、深い掘込河道である石神井川では7.0m以上の取水困難な地点がほとんどである。新河岸川にも一部不適格な地点がある。

図4.2.3は、河岸沿いの道路の幅である。北十間川の河岸沿い道路がない地点は、家屋や線路等が川沿いにあるために河岸に近づけないところである。多くの河岸沿い道路が河川管理用通路であり、川辺の散策路としての整備がされている所も多い。しかし、一般道路から河川管理用通路への入り口には車止めの杭(鍵があれば外せる場合もある)がある場合が多い。

図4.2.4は河岸の各地点に到達するのまでに通らなければならない最も狭い道路の幅である。河岸沿いの道路につながる全ての道路及び河岸沿いの道路の幅より求めた。幅が2.5mより狭かったり車が進入出来なかったりして消防車の到達が不可能な区間も多い。神田川、石神井川、新河岸川では大部分が2.5m~6.0mとなっているが、震災時の道路閉塞を考えると、河岸の多くが到達困難となる可能性がある。

図4.2.5は消防車が河岸に部署した場合に、水中から給水するために必要な吸管的長さである。大部分が20m以下におさまっており、条件は概ね満足されている。

図4.2.6は、河岸から水面まで人がアクセス可能な地点を示している。掘込河道である神田川、石神井川の護岸は急であり、梯子等が設置されているところ以外では水面に近づくのは困難である。新河岸川は、高い特殊堤の存在により、一部親水整備区間(緩傾斜護岸)を除いて水面へのアクセスは非常に困難で、吸管的投入にも困難が生じることが予想される。

以上を総合して、河岸からの取水の可否をまとめたのが図4.2.7である。ここでは、取水の可否を5段階に分類した。Aが最も取水可能性が高い河岸で、Eが最も取水が困難な地点である。

- A：水深・落差等の条件を全て満足、アクセス道路幅8.0m以上、さらに水面へのアクセス可能
- B：水深・落差等の条件を全て満足、アクセス道路幅8.0m以上
- C：水深・落差等の条件を全て満足、アクセス道路幅6.0m~8.0m
- D：水深・落差等の条件を全て満足、アクセス道路幅2.5m~6.0m
- E：水深・落差等の条件のいずれかが不満足あるいはアクセス道路幅2.5mより狭い(取水不可法)

神田川、石神井川は、水深および地盤と水面の落差が難点となり、現状ではほとんどの地点が取水不可能である。感潮域である北十間川、新河岸川では、それらの制約は小さく取水可能な地点が多いが、河岸へアクセスするための道路幅が狭い区間も多い。

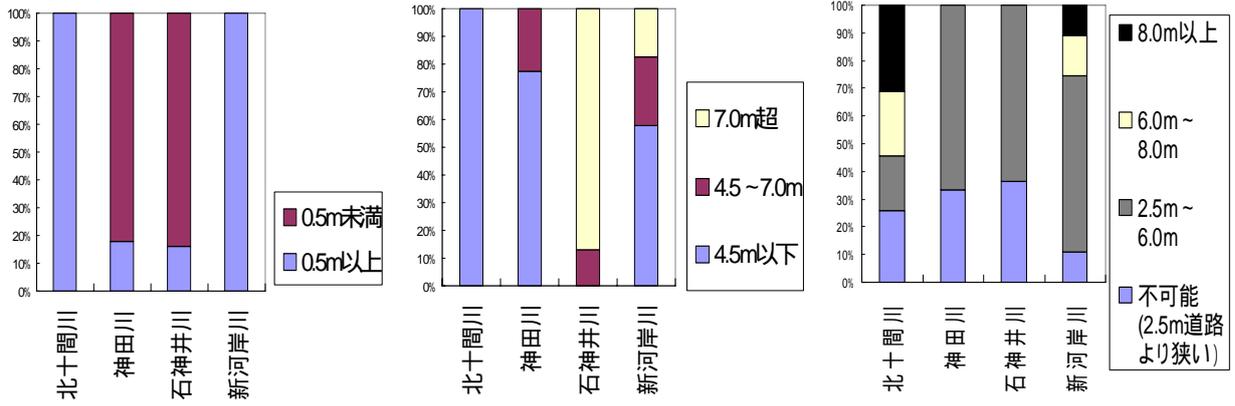


図 4.2.1 水深

図 4.2.2 地盤高と水面の落差

図 4.2.3 河岸沿いの道路幅

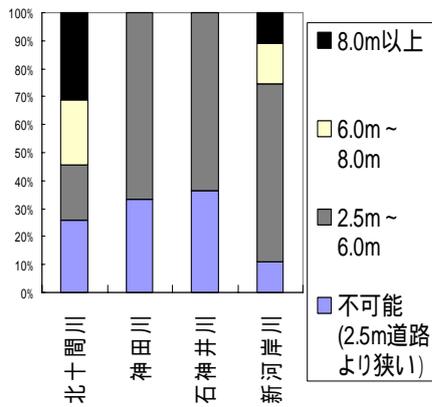


図 4.2.4 河岸へのアクセス道路幅

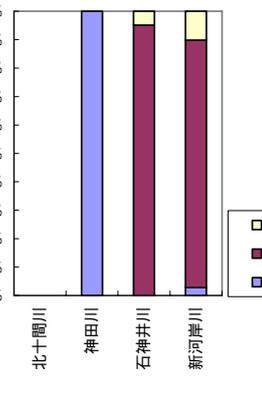


図 4.2.5 必要吸管長さ

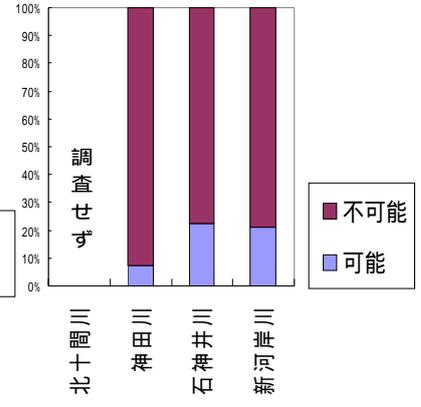


図 4.2.6 水面へのアクセス

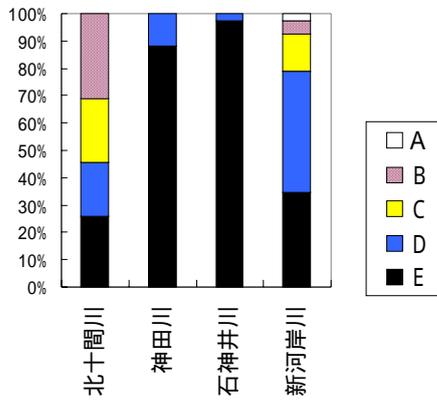


図 4.2.7 取水の可否 (総合)

(3)消防利用のための河川（水路）整備事例のまとめ

表 4.2.5 は、河川が有する問題点に応じた解決手法の事例をまとめたものである。表中に示されたものは、主に河川のマイナス面を補うための方法である。

表 4.2.5 河川水の取水に関する問題点と解決法

問題点	問題発生の原因等	解決方法	参考事例	備考
水深不足(0.5m以下)による吸水不能	勾配が急なことや河道幅が広いことにより生じる水深不足	河床への取水ピット掘削	神田川(東京都)、生田川(神戸)ほか	・土砂等による閉塞対策(蓋の取付など) ・親水親水利用のための安全性確保(ピットへの転落防止など)
		堰板、堰柱の設置	小名木川(江東区)、生田川(神戸)ほか	河川プールなどによる親水性の向上効果もある
水量不足(消防水利の基準では毎分1m ³)	流量の絶対的な不足	他の水源からの導水、河川ネットワークによる水量の増加	下水道処理水の導水(東京都城南3河川等)、水路等連結(越谷市 都市防災河川導水路)など	震災時の停電によるポンプ停止等への配慮
	貯留能力が存分に利用されていない	河道・水路内貯留	神田川・環状七号線地下調節池利用計画など	
水際へのアクセス不能(消防車)	広い高水敷、大きな堤防の存在などによる障害	低水路へのアクセス道路(スロープ)の整備	生田川(神戸)、緊急用河川敷道路(北海道開発局)など	・スロープによる平常時の親水性(アクセス性)向上 ・災害時の物資輸送への利用
		堤内地や高水敷への導水路及び取水施設の設置	・越谷市 新方川取水ピット(堤内に導水、取水施設設置) ・大阪府 天野川防災用ピット(高水敷に導水、スロープと取水施設設置)など	
	河岸への家屋の立て込み、狭幅員道路	川沿いの車輛通行可能道路整備 アクセス可能な地点を拠点整備		河川管理用道路の整備 橋、広幅員道路と川の接点等を防災拠点として整備
水面へのアクセス不能(消防隊員、消防団員、住民)	洪水疎通能力確保のための急勾配の護岸(及び転落防止用フェンス)	階段護岸、緩傾斜護岸、スロープなどの整備	生田川(神戸)ほか	平常時の親水性の向上
		アプローチ施設(梯子、フェンスへのドア設置など)		
	高い特殊堤(及びフェンス)	導水管、導水ピット等の整備	小名木川(江東区)の堤防壁への導水管設置	
	暗渠、地下河川	取水マンホールの整備	神戸市	
高すぎる落差(消防水利の基準では4.5m以下)による吸水不能	洪水疎通能力確保のための深い掘込河道	堰上げ、貯留による水位上昇		
		ポンプの設置、可搬ポンプ整備		

4.2.5 消防力運用モデルを有する延焼シミュレーションモデルの構築

(1)延焼シミュレーションモデルの構築

延焼シミュレーションは、市街地の建物構造比率、建坪率等の特性をもとに、出火点、気象条件等を想定し、焼失面積、消失範囲の算定を行うものである⁸⁾。本検討では、河川等の水源の利用効果を検討するため、市街地特性から計算される延焼動態に加え、消防力の運用、水利の使用を考慮した延焼シミュレーションモデルを構築した。

既往の延焼シミュレーションモデルの多くは、延焼動態の記述に主眼が置かれており、消防力の運用効果を明示的に考慮している訳ではない。消防力の運用の効果を内生化して取り扱っている例としては、消防庁消防研究所の延焼モデルがある⁹⁾。このモデルでは、延焼拡大過程のモデル化に加え、消防力の運用モデルとして、火災の覚知及び出動準備、道路ネットワーク上の消防車の走行、放水準備、放水及び鎮火判定、鎮火後の転戦の過程が記述されている。火災の初期段階における消防力の最適運用を検討することが、このモデルが構築された主目的である。また、東京消防庁の延焼シミュレーションモデル¹⁰⁾は、建築物1棟毎を延焼の単位として延焼拡大を予測するシステムであるが、消防力運用として、防災市民組織による初期段階の消火、消防力の一次運用（上記の消防庁消防研究所のモデルと同様のモデル化）並びに、消防隊・消防団の二次運用（延焼阻止線活動）が組み込まれている。このモデルを用いて、地域ごとの危険度測定とともに、消防署員の部隊運用訓練（画面上で消防隊を動かして実施）が行われている。一方、筑波大学熊谷研究室では、消防力運用訓練のためのシステム（FIMaS）を構築している¹¹⁾。このシステムでは、火災覚知、出動時間、走行時間、ホース延長等、前述のモデルと同様の消防力運用モデルが組み込まれている。また、このシステムを用いて、消防力運用に関する各種条件を変化させた場合の影響の検討が行われている。

本検討で構築した延焼シミュレーションモデルでは、延焼速度式として東消式97¹²⁾を使用したマクロモデルを用いて、延焼域の拡大過程を表現している。市街地特性をもとに延焼速度を導出し、出火後の経過時間に応じて楕円形で延焼拡大するとしている。また、消防力の運用及び水利の利用については、通行可能道路ネットワークデータを用いてネットワーク解析（Warshall-Floyd法による最短距離検索）を行って走行ルートを設定し、消防運用シナリオに基づいて火災に対処（対処する火災の選定、使用水利の選定、放水）するようモデル化している。放水による延焼抑止効果は火面の包囲率、鎮火効果は火面包囲後の放水継続時間又は放水量で判定する。

(2)延焼速度式

東消式97¹²⁾（マクロ式）を用いている。建物構造別の構成比率等の市街地データ、風速等の条件から、任意時間の延焼速度が算定できる。延焼速度式より風上・風横・風下の延焼距離をもとめ、楕円近似により、延焼面積及び火面周長を求めている。

風下延焼速度式は以下のとおりである。

$$V(t) = \frac{V_f}{1 + \left\{ 1.3 - 0.3 \exp(-0.3t) \right\} \left(\frac{V_f}{V_0} - 1 \right) \exp\left(\frac{-0.5V_f}{V_f - V_0} t \right)}$$

V_0 : 初期延焼速度(m/hr)

V_f : 最終延焼速度(m/hr)

t : 経過時間(hr)

ここで、

$$V_0 = \delta \cdot g(h) \cdot (1 - c')$$

$$\delta = \frac{r(U)a(a''V_w + b''V_m) + (a + 2.6)d'V_c}{(a'' + b'' + d')(a + d)} + \frac{r(U)\{d(a'' + b'')^2V_m + (d - 1.3)(a'' + b'')d'(V_{nc} + V_{cn}) + (d - 2.6)d'^2V_{cc}\}}{(a'' + b'' + d')^2(a + d)}$$

ただし、 $d-1.3$ 、 $d-2.6$ は 0 より小さい場合 0、 $a+2.6$ は d が 2.6 より小さい場合 2.6 とする。

ここで、

$$r(U) = 0.048U + 0.822$$

$$g(h) = -0.005h + 1.371$$

a : 建物一辺の長さ(m)

d : 建物隣棟間隔(m)

a'' : 全壊していない裸木造率 (外壁被害を考慮後)

b'' : 全壊していない防火造率 (外壁被害を考慮後)

c' : 耐火造率

d' : 全壊した木・防建物の混成率

U : 風速(m/s)

h : 湿度(%)

V_w : 裸木造建物内延焼速度(52.1m/hr)

V_m : 防火造建物内延焼速度(42.8m/hr)

V_c : 全壊建物延焼速度 $\frac{98}{1 - 3.9 \exp(-0.094U^2)}$ (m/hr)

V_{mm} : 木・防建物 → 木・防建物延焼速度(32m/hr)

V_{nc} : 木・防建物 → 全壊建物延焼速度(37m/hr)

V_{cn} : 全壊建物 → 木・防建物延焼速度(12m/hr)

V_{cc} : 全壊建物 → 全壊建物延焼速度(17m/hr)

$$V_f = \frac{V_u + V_l \exp\{-50(k - 0.14)\}}{1 - \exp\{-50(k - 0.14)\}}$$

ここで、

$$k = (1 - c')(a'' + 0.85b'')\{m(1 - x) - 0.1\}^{1.2} (U - 4.9 - 8x)^{0.33}$$

ただし、 $\{m(1 - x) - 0.1\} < 0$ 又は $(U - 4.9 - 8x) < 0$ のとき $k = 0$

$$V_u = 0.46(1 - x)^2 [a_u V_0 \cdot \{(1 - c')(a'' + 0.85b'') + 1.6((1 - c')(a'' + 0.85b''))^{-0.5} (U + 0.1)^{-0.4}\} + b_u] m^{0.2} + V_0$$

$$V_l = (1 - x)^2 [6a_l V_0 (m^{1.5} - m^2) + b_l] (1 - c')(a'' + 0.85b'')(0.1U + 0.1)^{0.5} + V_0$$

ただし、

$$a_u = \frac{1.4(U + 1.0)^{0.61} + 0.47}{m} + 4.4U^{0.19} - 5.6$$

$$b_u = \frac{-8.9U^{0.75} - 8.6}{m} + 0.041U^{3.1} + 49$$

$$a_l = \frac{0.31}{m} + 0.52$$

$$b_l = \frac{-0.1U - 1.8}{m} + 2.7$$

$$x = \frac{d'}{a' + b' + d'} = \frac{0.54}{1 + 680 \exp(-0.010\alpha)} - 0.0024$$

$$a'' = a' + 0.0018b'\alpha \quad \text{ただし、} \quad b' - 0.0018b'\alpha < 0 \quad \text{のとき} \quad a'' = a' + b'$$

$$b'' = b' + 0.0018b'\alpha \quad \text{ただし、} \quad b' - 0.0018b'\alpha < 0 \quad \text{のとき} \quad b'' = 0$$

m : 建坪率

a' : 全壊していない裸木造率

b' : 全壊していない防火造率

x : 加速度から求める木・防全壊率

α : 加速度(gal)

なお、風横の延焼速度は風速を 0 としてもとめ、風上については時間によらず風下の初期延焼速度 V_0 を用いている。

(3) 消防力運用モデル

消防力として、消防隊（ポンプ車）及び消防団（可搬式ポンプ）を考慮している。消防力運用モデルの概略を図 4.2.8 に示す。

出火覚知後、出火覚知時間、出動準備を設定し、各ポンプ車及び可搬式ポンプが向かう火災を決定する。ポンプ車及び可搬式ポンプの対処火災は、通行可能道路のネットワーク解析（Warshall-Floyd 法）で求めた火災までの距離や火災の延焼危険性、配車シナリオに基づいて決定する（図 4.2.9）。その後、通行可能な道路ネットワーク上を設定された速度で走行し、出火点の最寄りのノードに到着する。なお、道路通行の可否は、道路リンクの幅員に応じた閉塞率に応じて設定する。

その後、使用する水利の優先順位設定に基づき、使用する水利を選択する（図 4.2.10）。使用水利を選択後、水利へと移動（出火点最寄りノードの座標位置と水利の座標位置の直線距離の 1/2 乗を走行距離とする）水利が使用可能ならば、ホースを延長して放水する（ホースの延長速度は、東京都の地震被害想定で用いられているホース延長形態係数で設定）。水利が使用出来ない場合は、他の水利へと移動する。

放水により、使用中の水利の水が尽きた場合は、他の水

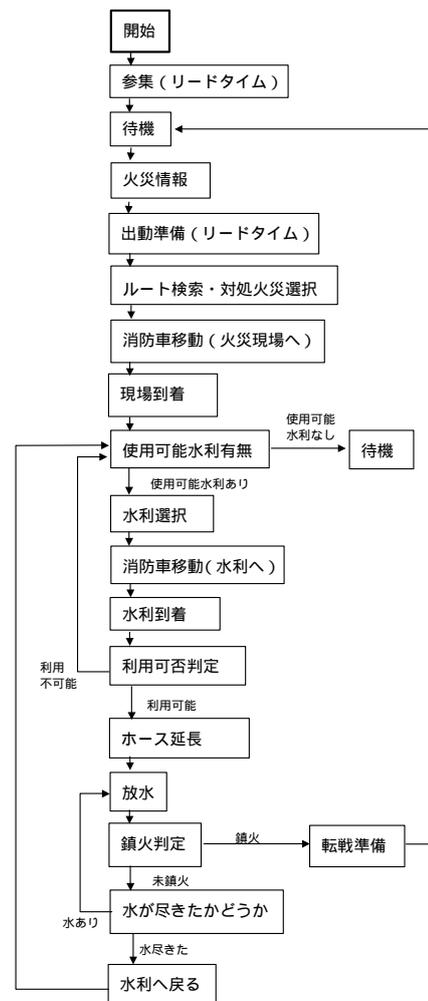


図 4.2.8 消防運用（消防車・可搬式ポンプ）のフローの概略

利に移動する。放水により鎮火した場合は、他の火災への転戦準備状態となり、火災覚知の情報が入り次第転戦する。

上記の消防力運用モデルで用いる各種パラメータ（出動準備時間、火災覚知時間、放水準備時間、一火災毎に割り当てられるポンプ車・可搬式ポンプ台数、消防車・可搬式ポンプ走行速度、放水後に水利へと戻る消防隊員・消防団員移動速度、ホース延長形態係数等）については、任意に設定することが可能である。シミュレーション検討時には、既存の検討結果や、阪神・淡路大震災等の実績に基づいて設定する。

(4)水利の利用効果

放水による延焼速度の低下、鎮火のモデル化は、放水量と延焼速度の関係や鎮火に要する放水量に関するデータが乏しく、定量化が困難である。東京消防庁の延焼シミュレーションモデル¹⁰⁾では、ホースの一口あたりの担当火面長（10m）を設定し、消防隊による包囲火面周長が火面周長を上回ってから20分以上放水したら鎮火するとしている。20分は、一般建物の火事温度曲線に基づく火災の盛期を過ぎるまでの時間である。

その他の方法として、東京消防庁では、大規模火災に対する必要消火水量を算定するため、過去の国内外における地震火災及び平常時火災の事例から、単位面積あたりの使用水量について調査している。その結果、地震時の火災の必要水量としては、その火災の形態及び消火活動の実態からみて、神戸の市街地火災の $0.51\text{m}^3/\text{m}^2$ が採用できるとしている。また、平常時の部分焼以上及び延焼火災の消火水量の平均より、火災の単位面積当たりの必要消火水量としては、概ね $0.50\text{m}^3/\text{m}^2$ とみてよいと結論している。熊谷ら¹¹⁾は、炎上中床面積あたり 0.5m^3 の放水完了により鎮火として、必要消火水量の算定式として、以下の式を提案している。

必要消火水量 = 延焼中市街地面積 × k × 0.5 (単位面積放水量)

ここに、

延焼面積建物率係数 k

= 木造・防火造建物建坪率 × 木造・防火造建物平均階数 + 耐火建物建坪率 × 1/3

本検討モデルでは、従来から行われてきた放水継続時間による判定と、放水開始時の延焼面積に応じた放水必要量による判定の両者をプログラム化し、選択して使用できるようにした。なお、放水による延焼速度の低下は、過去の検討事例に準じて、火面周長の包囲率に応じることとした。

本検討で設定可能な消防車の能力パラメータは、ホースの担当火面長、1台あたり口数（ポンプ車及び可搬式ポンプ）、1口あたり毎分放水量である。

出動可能な消防隊(ポンプ車)・消防団(可搬式ポンプ)の火災への割り振り手順

1. 対処する火災の優先順位設定
(1)ポンプ車及び可搬式ポンプが一台も対処していない火災を優先。
(2)消防隊(ポンプ車)及び消防団(可搬式ポンプ)が対処しているなら、台数が少ない火災を優先。
(3)対処している台数が同じなら、延焼危険性が高い火災を優先。
2. 火災の優先順位に応じたポンプ車・可搬式ポンプの割り振り
(1)対処火災を決定する時点で、火災から最短距離にいるポンプ車を優先して割り振る。
(2)ポンプ車の割り振りを終了後、火災から最短距離にいる可搬式ポンプを優先して割り振る。
出火初期段階は、2隊1組で一火災に対処するように割り振る（発災直後における消防力一次運用）
消防団は、基本的に地区毎の活動を行うものとするため、可搬式ポンプの移動可能距離に上限を設定する。

図 4.2.9 消防隊(ポンプ車)・消防団(可搬式ポンプ)の対処火災の決定モデル

ポンプ車・可搬式ポンプが使用する水利の選定手順

1. 水利種別に応じた優先順位が高い水利を選定する。
2. 水利種別が同じ場合は、火災からの距離が近い水利を選定する。
3. 既に火災地点に到達し、対象としている水利を訪れた消防隊がある場合には、後続の消防隊に水利の使用可否に関する情報が入るものとする。その場合、使用不可な水利は選定されない。

- * 水利種別毎の優先順位は、事前に設定。
- ** 水利の使用可否は事前に設定（例えば、水利種別に応じて）

図 4.2.10 使用する水利の選定モデル

(5)利用データ

本検討では、東京都内の2つの消防署の管轄区をシミュレーション対象とし、データ整備を行った。延焼速度に関係する市街地の特性については、東京都が東京直下型地震被害想定調査を行った際に東京消防庁が整理したデータ¹²⁾を用いた。道路ネットワークデータについては、「東京都都市計画地図情報システム」の道路中心線データから、道路ノードの一と道路リンクの起点・終点ノードを求めた。リンクの幅員は、道路ポリゴン面積を道路中心線の長さで割ることで求めた。消防署・出張所位置、消防車台数、配置消防署及び出張所については、東京消防庁からデータ提供していただいた。また、消防水利データについても、東京消防庁のデータベースより提供していただいた。

4.2.5 実態に基づく条件設定の検討

(1)作業概要

実態に即した条件設定を行うため、阪神・淡路大震災を始め、震災時の消防力の運用実態を分析する。その結果をモデル化し、延焼シミュレーションモデルに反映させる。検討項目は、消防体制に関する事項（消防隊、消防団、市民消火）、消防活動の阻害に関する事項（道路閉塞、水利の障害等）等である。

以下に、各事項についての調査内容と、それをもとにして設定した条件を示す。

(2)消防体制に関する検討

(a)消防隊

本検討における消防の初動体制の条件設定を行うため、神戸市における消防隊の初動体制につき、既往の報告書等^{13)~16)}をもとに調査した。

平成7年1月17日5時46分の阪神・淡路大震災の発生時、神戸市消防局の各署の部隊編成は、80小隊、警備人員292人であった。地震発生と同時に、消防局の事前規定（警防規程第119条 震度5以上の地震発生時には、非常召集をする）により、甲号非常召集が発令され、全職員に対して召集の伝達が行われた。地震発生時、全職員の23%にあたる305人の職員が消防局、消防署等で勤務しており、地震発生2時間後の参集率は全職員の約50%、5時間後には90%以上の職員が参集した。

神戸市消防局における消防庁舎の被害は、中央区の3消防署を中心に大きな被害が生じた。神戸市消防局には、市役所3号館の消防本部、ポートアイランドの消防機動隊の他11署15出張所の施設があったが、無被害の3出張所を除いて全ての施設に被害があった。顕著な被害例としては、葺合消防署と灘消防署における望火台の落下や座屈のほか、生田消防署（住宅併設のRC造13階建ての1~3階）青木出張所（市営住宅併設のRC造11階建ての1階）、葺合消防署（市営住宅併設のRC造10階建ての1~3階）における使用不能や大規模改修を要する被害などが発生した。庁舎の建物構造自体の被害のほかにも、長田消防署管内の大橋出張所では車庫のシャッターが開かず、そのため消防車の出動が遅れた例も生じた。また、大きな影響はなかったが、収納物である書庫、ロッカー機器類、書類など転倒・散乱した例は、神戸市消防局以外も含め多数発生した。

阪神・淡路大震災の事例では、消防署の第1線ポンプ車隊が常時稼働できるよう職員数が確保されていた。そこで、本検討においても、初動時に稼働できる消防隊は第1線ポンプ車隊とする。阪神・淡路大震災の事例では、消防本部、ポートアイランドの消防機動隊の他11署15出張所の施設中、無被害の3出張所を除いて全ての施設に被害があったにもかかわらず、出場に支障をきたした署所は2署所（水上消防署、長田消防署大橋出張所）のみであり、大橋出張所については変形したシャッターを開放後に出動することができた。よって、対象消防署の第1線ポンプ車隊は、庁舎の被災の影響を受けず、全て出動できるもの

と考える。また、第2線ポンプ車の運用については、発災の1時間後から運用できるものとし、各署から出場するものと仮定する。

(b)消防団

神戸市の消防団は、11団4,000人で構成されている。団員の多くが自らも被災者であったにもかかわらず、地震直後から、地元消防本部と連携し、消火活動、倒壊家屋の下敷きになった人々の検索・救助活動、住民の避難誘導活動、被害状況の調査、救援物資の搬送、給水活動、被害地の警戒活動等、幅広い活動に従事した。消火活動や救援活動に従事した消防団員は、被災地周辺からの応援も含め、延べ7万1,000人以上であった。

消防署から消防団への連絡は、6時30分から加入電話又は市街地消防団緊急連絡自動システムで行われ、消防署所に駆けつけてきた団員には、直ちに分団詰所を開設すると共に、被害状況等の把握をするよう指示が出された。消火・救助等の業務に追われ、多くの団員は独自の判断で行動せざるを得なかった。

神戸市の消防団のうち北及び西の2つの団には、小型ポンプを積んだ積載車が配備されていた。西消防団9個分団51人は、自らの地域における活動にめどがついた16時30分、延焼拡大する長田管内の応援活動に向かい、長田区の戸崎通地区の火災防御を実施した。さらに22時00分、西消防団13個分団99人は、第2応援隊として長田区へ向った。北消防団は、6時30分に有馬町で発生した家屋倒壊現場に出勤し、消防職員と合同で生き埋め者4人を救出した。次いで、16時30分、須磨区大田町へ14個分団75人が、長田区へは25個分団142人が応援活動に向かった。団員は、現場の消防隊と連携しながら、消火活動、筒先交替、中継送水等の活動を行った。さらに、北消防団は、長田出勤各隊の燃料補給のため、燃料搬送を行うとともに、長田港から数百本の消防ホースを延長して活動していた消防隊のホースの破損を防止するため、交通整理を実施した。

阪神・淡路大震災の事例では、可搬式ポンプを用いた消火活動を行う人員は確保できていたと想定し、本検討では、消防団は全て稼働できることとする。また、阪神・淡路大震災では、消防署から消防団へ6時30分から加入電話又は市街地消防団緊急連絡自動システムで行っていることから、発災から約40分後に消防団の参集が開始されたと考える。よって、シミュレーションにおける消防団の火災覚知時間を40分とする。

(c)市民消火

阪神・淡路大震災では、市民消火活動の有無が判明した94カ所の火災現場のうち、約8割の77カ所で市民消火活動が展開されている¹³⁾。規模別にみると、火元で焼け止まった火災では、とりわけ市民消火活動率が高く、市民消火活動により、隣家への延焼を防止したと考えられるものが少なくない。他方、中規模(焼失面積1,000㎡以上)ないし大規模火災(焼失面積3,300㎡以上)でも市民消火率が高くなっているが、これは火災の拡大のなかで、わが町を守ろうとして、止むなく市民消火活動が組織されたものである。この場合、大規模な消火活動が各所で展開されている。

本検討において、市民による消火活動の効果を考慮するため、阪神・淡路大震災において市民が担当した延焼域の火面長を調査した。阪神・淡路大震災における11地区の延焼動態図¹⁷⁾に示された「住民の消火活動による延焼阻止範囲」より、市民が担当した延焼域の火面長を計測した(表4.2.6)。

表4.2.6では、市民が担当した火面長と延焼域の全火面長や延焼面積との間に相関がみられない。そこで、本シミュレーションでは、市民の担当火面長として、判明している7地区の平均値を採用する。平均値は約135mとなる。なお、市民参加人数については、No.2地区の200名以外は不明である。

また、上記調査¹⁷⁾では住民等のヒアリング調査を行っており、明確な時間ではないが概ねの消火開始時間を推測することができる。そこで、住民ヒアリング調査や延焼動態図の「表示時間での延焼または焼失範囲」の時刻から、市民が消火を開始したと推定される時間及び使用した水利について整理した(表 4.2.7)。表に示すように、消火活動を開始した時間にはばらつきがある。しかしながら、市民が消火を開始したと推定される時間の平均を取ると、地震発生後から 3 時間後程度といえる。

よって、本シミュレーションでは、市民消火の担当火面長は 135m とし、市民消火が効果を発揮する時間は、発災 3 時間後とする。ただし、市民消火活動による放水量が不明なため、水量による鎮火判定に当たっては、放水量としては考慮しない。

表 4.2.6 市民が担当した延焼域の火面長

No.	箇所名	担当火面長 (m)	全火面長(m)	延焼面積 (㎡)
	長田区御屋敷通 6 丁目 長田区水笠通 5, 6 丁目 長田区松野通 3, 4 丁目 須磨区寺田町 1, 2 丁目 須磨区大池町 1, 2 丁目 須磨区千歳町 1 ~ 4 丁目 須磨区常盤町 1 ~ 4 丁目	135	3,511	113,140
2	長田区戸崎通 3 丁目 長田区西代通 4 丁目 須磨区戒町 1 丁目 須磨区大田町 1, 2 丁目	324	1,399	36,830
3	長田区日吉町 5, 6 丁目 長田区若松町 10, 11 丁目 長田区海運町 2, 3 丁目 長田区大橋町 10 丁目 長田区本庄町 2 丁目	43	2,006	58,372
4	長田区腕塚町 5, 6 丁目 長田区久保町 5, 6 丁目 長田区二葉町 5, 6 丁目	113	1,217	30,681
5	長田区若松町 3, 4 丁目 長田区大橋町 3, 4 丁目	-	1,243	39,200
6	長田区菅原町 2 ~ 4 丁目 長田区御蔵町 3 ~ 6 丁目	-	2,327	69,005
7	兵庫区上沢通 3, 6, 7 丁目 兵庫区松本通 3 ~ 7 丁目 兵庫区会下山 2 丁目 兵庫区大井通 2, 3 丁目	122	2,883	94,889
8	長田区御船通 2 ~ 4 丁目 長田区大道通 2, 3 丁目	-	869	17,188
9	灘区六甲町 1, 2 丁目	-	1,104	29,160
10	東灘区魚崎北町 5, 6 丁目	53	770	7,970
11	東灘区御影石町 3 丁目	158	487	4,800

表 4.2.7 市民が消火を開始したと推定される時間および使用水利

No.	箇所名	消火開始までの時間	使用した水利
1	長田区御屋敷通 6 丁目 長田区水笠通 5, 6 丁目 長田区松野通 3, 4 丁目 須磨区寺田町 1, 2 丁目 須磨区大池町 1, 2 丁目 須磨区千歳町 1 ~ 4 丁目 須磨区常盤町 1 ~ 4 丁目	約 4 5 分	井戸、風呂の水、消火器 (40 本)、 防火水槽
2	長田区戸崎通 3 丁目 長田区西代通 4 丁目 須磨区戒町 1 丁目 須磨区大田町 1, 2 丁目	約 3 時間 (1 時間後の活動は失敗)	マンションの受水槽、消火栓の水、 屋内消火栓、ブロック塀の上にトタンを 立てかける (接炎防止)
3	長田区日吉町 5, 6 丁目 長田区若松町 10, 11 丁目 長田区海運町 2, 3 丁目 長田区大橋町 10 丁目 長田区本庄町 2 丁目	約 3 時間	不明 (バケツリレーは行っている)
4	長田区腕塚町 5, 6 丁目 長田区久保町 5, 6 丁目 長田区二葉町 5, 6 丁目	約 6 時間	1 t 受水槽、井戸水
5	長田区若松町 3, 4 丁目 長田区大橋町 3, 4 丁目	-	-
6	長田区菅原町 2 ~ 4 丁目 長田区御蔵町 3 ~ 6 丁目	約 1 時間	不明 (バケツリレーは行っている)
7	兵庫区上沢通 3, 6, 7 丁目 兵庫区松本通 3 ~ 7 丁目 兵庫区会下山 2 丁目 兵庫区大井通 2, 3 丁目	約 4 時間	井戸、防火水槽
8	長田区御船通 2 ~ 4 丁目 長田区大道通 2, 3 丁目	-	-
9	灘区六甲町 1, 2 丁目	約 5 時間	不明 (バケツリレーは行っている)
10	東灘区魚崎北町 5, 6 丁目	約 1 0 時間	不明 (バケツリレーは行っている)
11	東灘区御影石町 3 丁目	約 3 時間	川、プール

(3) 消防活動の阻害

(a) 道路閉塞

震災時通行可能道路については、文献調査^{18), 19), 20)}をもとに、結果にばらつきの少ない事例を選び出し、道路幅員と道路閉塞率の関係を求めた。結果を表 4.2.8 に示す。本検討で採用する道路幅員と道路閉塞率の関係は、表のとおり (3 調査エリアの平均値) とする。

表 4.2.8 道路幅員と道路閉塞率の関係

エリア名	道 路 幅 員				
	4 ~ 6m	6 ~ 8m	8 ~ 10m	10 ~ 12m	12m ~
六甲道 ^{13, 14)}	65%	56%	2%	2%	0%
長田 ^{13, 14)}	23%	25%	8%	8%	5%
東灘区 ¹⁵⁾	27%	26%	9%	7%	0%
平均	38.3%	35.7%	6.3%	5.6%	1.7%

(b) 水利の被害

文献²¹⁾によると、阪神・淡路大震災における消火活動障害では、水道管の破損等によって断水し、被災地域の多くで消火栓が使用できなくなったことが最大の問題であった。また、消火栓が使用できないとき

のバックアップとして期待される防火水槽の一部が漏水等により使用できなくなった例も生じた。とくに、神戸市消防局では968基ある防火水槽のうち躯体被害が85基、採水管損傷が5基、合わせて90基（約1割）が被害を受けた。このほか、倒壊家屋等が障害物となって使用できなかった防火水槽もあった。

本検討では、消火栓は使用不能として考える。防火水槽については、東京都においては、耐震性となっているので、発災時においても全て使用可能とする。東京消防庁では震災時通行可能道路からのアクセス可能性を考慮して震災時使用可能水利の指定を行っているが、シミュレーションにおいて、道路閉塞により使用できない水利が発生する事を考慮すると2重に評価することとなるため、防火水槽は全て使用可能とする。

4.2.6 シミュレーション・システムの構築

(1)作業概要

シミュレーションの条件設定、シミュレーションの実行を容易にし、解析結果をビジュアルに表示出来るようにするため、シミュレーション・システム化を行った。システムのユーザーインターフェース部分の開発は、Visual Basicで行った。

(2)システム概要・確率事象の考慮

出火については、過去にも、様々なモデルに基づく出火危険度判定、出火件数の推定などが行われている。しかし、出火自体は確率事象であることから、どこから出火するかを予測することは不可能である。今回の検討では、出火点位置により延焼速度や水利の存在条件が異なるため、出火点数、出火箇所の設定により、結果が大きく変わってくる。そこで、シミュレーション・システムでは、出火点数を任意に設定できるようにし、市街地毎の出火危険度を考慮しながらランダムに出火点を配置できるようにした。出火地点の設定は、東京都が行った4地震(区部直下の地震、多摩直下の地震、神奈川県境直下の地震、埼玉県境直下の地震)の500mメッシュ単位の想定出火件数をもとに、図4.2.11に示すような手順で行った。

また、道路閉塞も確率事象であり、閉塞パターンにより結果が変わってくる。そこで、道路閉塞パターンも、幅員毎の閉塞確率に基づきランダムに設定できるようにした。道路閉塞による消防活動阻害の影響を考慮するため、乱数により道路リンクを確率的に閉塞させる。閉塞した道路を道路ネットワークから除外して、ネットワーク解析による経路検索を行う。本シミュレーションで採用する道路幅員と道路閉塞率の関係は、表4.2.8のとおり(3調査エリアの平均値)とする。

シミュレーション・システムでは、出火点数、繰り返し計算回数を設定し、その後、プログラムを実行させれば、ランダムな出火点配置、道路閉塞パターンを生成して計算する作業が指定計算回数実施される。

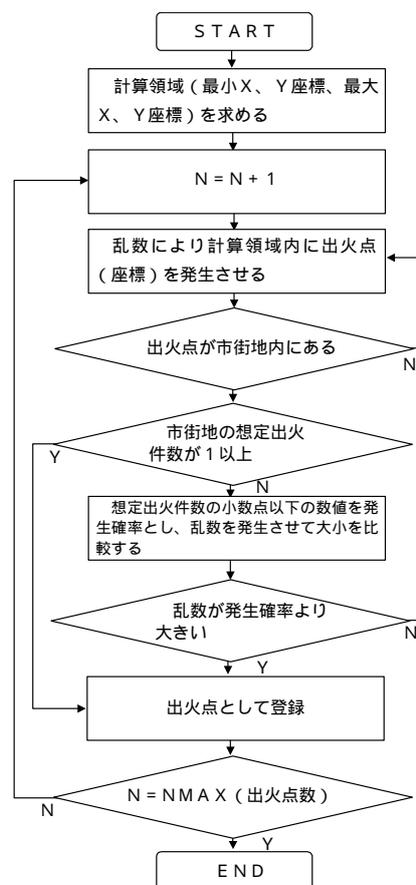


図4.2.11 出火点設定フロー

図 4.2.12 に、シミュレーションシステムの条件設定画面を示す。



図 4.2.12 シミュレーション条件設定画面

4.2.7 延焼シミュレーションによる検討

(1)検討概要

(a)検討対象域

ここでは、構築したシミュレーションモデルを用い、東京都のA消防署を対象として検討した結果の一部を報告する。検討対象としたA消防署の管轄区には、A消防署の他に3つの出張所が配置されている。管轄区内の消防車ポンプ車は計7台（A消防署及び2つの出張所に2台ずつ、残りの出張所に1台）であり、その他に予備車両が2台ある。また、域内には、運河状の河川がいくつか存在しており、低平地なため常時湛水している。消防水利としての河川水の利用可能性が高い地域であると考えられる。

図 4.2.13 にA消防署及び出張所の位置、図 4.2.14 に管轄区内の消防水利位置を示す。



図 4.2.13 A消防署及び出張所の位置



図 4.2.14 A消防署管轄区内の消防水利位置

(b)検討ケース

ここでは、現況の消防力運用(CASE1)各署所に配備されている消防車台数を1台ずつ増やした場合(CASE2)河川からの取水地点を増やした場合(CASE3)のシミュレーション結果を示す。CASE3では、現況の河川水利が位置する間隔の最小値および河川形状を基準にして、ほぼ等間隔に河川水利が分布するように水利箇所を追加しており、整備によって河川からの取水可能地点を増加させた場合を想定している。表4.2.9に検討ケース一覧を示す。

ここでは、出火点数を1点から10点(CASE2及びCASE3は6点から10点)まで変化させて計算を行い、出火点の増加に伴う鎮火件数、放水量、延焼面積の変化を検討した。それぞれのケースについて、出火点配置パターン及び道路閉塞パターンを変えた20回のシミュレーションを繰り返し、結果の平均を用いて評価を行った。

(c)計算条件

計算の設定条件を、表4.2.10に示す。

出火は発災と同時にし、発災後12時間までの延焼を計算した。本シミュレーションシステムの延焼過程の表現では、広幅員道路等による延焼遮断効果は考慮されていないため、延焼拡大後は自然に止まらず、延焼域は拡大し続けることになっている。また、ここで報告する範囲の検討では、延焼拡大後の消防隊による拠点防御や、広域応援隊の導入、遠距離大量送水の実施等は考慮されていない。したがって、ここでは、消防隊の1次的運用が終了し、鎮火の成否が明らかとなる発災後3時間の延焼状況をもとに結果の評価を行うこととする。

消防隊の運用は、発災後1時間までは、消防力の1次運用を想定して、2隊1組で火災に対処することとしている。また、発災後1時間には、予備車両2台がA消防署から出動することとしている。

なお、A消防署は東京東部の低地に位置しており、河川水は常に湛水している状態なので、水量は無限としている。

(2)検討結果

図4.2.15には、それぞれの検討ケースについて、出火点数と20回の繰り返し計算で得られた平均鎮火件数(発災後3時間)の関係を示している。また、図4.2.16には平均延焼面積を、図4.2.17には平均放水量(前出火点を対象とした放水量の和)を同様に示している。

表4.2.9 検討ケースの条件設定

	総消防ポンプ車台数(予備車両含む)	消火栓以外の水利箇所数(うち河川水利箇所数)
CASE1(現況)	9	337(47)
CASE2(消防隊追加)	13	337(47)
CASE3(河川水利追加)	9	368(78)

表4.2.10 計算条件

風速	5.0(m/s)
湿度	60.0(%)
鎮火判定	炎上中床面積当たり0.5(m ³ /m ²)の放水で鎮火
ホース1口の担当火面長	10(m)
消防隊の放水口数	3口
可搬式ポンプの放水口数	2口
1口あたりの放水量	0.6(m ³ /min)
発災後市民消火開始まで	180(min)
市民消火担当火面長	135(m)
消防隊参集時間	0(min)
消防隊出動準備時間	1(min)
消防隊火災覚知時間	5(min)
消防隊放水準備時間	1(min)
消防団参集時間	10(min)
消防団出動準備時間	1(min)
消防団火災覚知時間	40(min)
消防団放水準備時間	1(min)

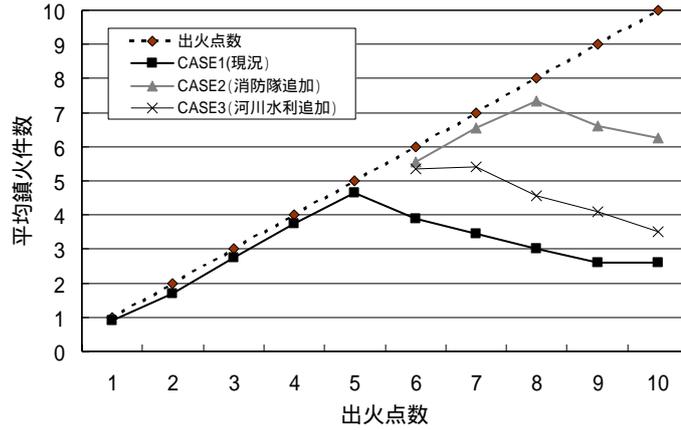


図 4.2.15 出火点数と平均鎮火件数の関係

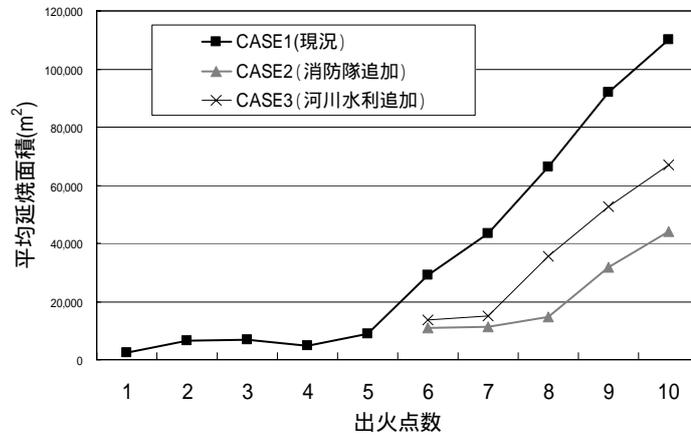


図 4.2.16 出火点数と平均延焼面積の関係

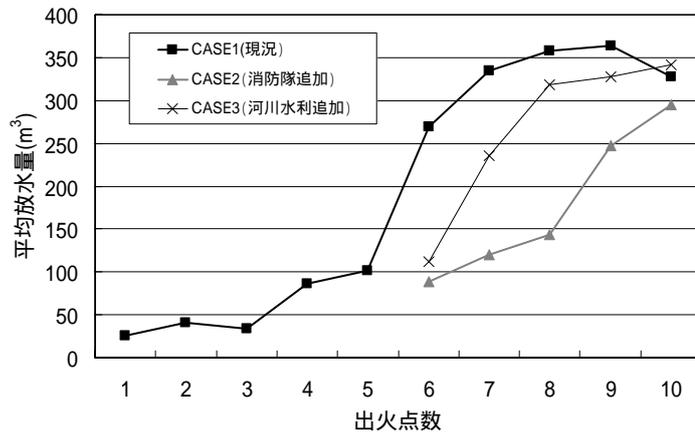


図 4.2.17 出火点数と平均放水量の関係

CASE1 (現況) の結果をみると、出火点数が1点から5点まで増加するに伴い、鎮火件数も増加している。出火件数5件までは、ほぼ全ての火災を鎮火できるといえる(ただし、出火点の位置によって鎮火できない場合もあるため、鎮火件数は出火点数よりやや少なくなっている)。ところが、出火点数が6点以上になると鎮火件数は徐々に減少している。これは、出火点数が増えると初動時の消防隊が対処できない火

災が発生することによる。さらに、初動時に対処できない火災数が増えるほど、消防隊や消防団が分散されて配備されてしまい、火面を包囲して鎮火することが困難になる。したがって、出火点数が増加するほど、鎮火火災数が減少する結果となっている。

CASE2（消防隊追加）の結果を、CASE1（現況）と比較すると、消防ポンプ車が4台追加配備されたことにより、鎮火件数が増加している。CASE1（現況）では、出火点数が6点以上になると鎮火できない火災が生じるが、CASE2（消防隊追加）の場合、8件までの出火をほぼ鎮圧できる結果となっている。このことから、消防ポンプ車を追加配備することにより、鎮火可能な火災数が増加する効果があることが分かる。

CASE3（河川水利追加）の結果をみると、CASE1（現況）に比べて1～2件程度、鎮火火災数が増加する結果となっている。河川からの取水地点が増加した結果、消防ポンプ車が迅速に取水することが可能となり、鎮火件数が増加したものと考えられる。

(3)考察

都市河川等を消防水利として利用することによる効果を定量的に評価するため、シミュレーションモデルを用いた検討を行った。阪神・淡路大震災等の実態を精査し、消防体制や消防活動阻害、消防力の運用方法等に関する条件設定を行い、さらに、様々な条件設定のもとでのシミュレーション解析を容易に実施できるようにするため、任意の解析条件設定、結果のビジュアルな表示を行うためのシステム化を行った。そして、構築したシミュレーションシステムを用いて、消防力の運用（水利の利用）と延焼抑止効果に関する検討を行った。

A消防署の管轄区域を対象とした検討の結果、現況に加えて消防ポンプ車の追加配備を行ったり、河川からの取水可能地点を増加させたりすることにより、鎮火可能件数を増加させる効果がみられた。A消防署の管轄区域は、比較的道路の閉塞の危険性が少ないため、消防ポンプ車の追加配備や河川からの取水可能地点を増加させることによる効果が顕著に現れるものと考えられる。

4.2.8 実フィールドを対象とした河川等を活用した防災整備手法の検討

(1)調査の概要

モデル・フィールドとする地域を設定し、その地域内の河川等（法河川以外も含む）の存在状況や特徴を調査するとともに、それらを活用した防災まちづくり計画や河川整備計画を仮想的に作成する。

調査は、広範調査（東京都葛飾区を対象区域として、大規模な水辺の活用、ネットワークとしての水辺の活用等を対象として調査）及び詳細調査（栃木県栃木市の中心市街地を対象区域として、小規模な水辺の活用も含めて調査）に分けて実施した。その過程を通じ、以下のような項目をとりまとめ、河川等を防災に活用する手法の整理・体系化に必要な知見を整理する。主な検討内容を以下に示す。

地区が有する防災上の問題点整理

地区内河川（その他の水源）の特性分類・整理

- ・ 大きさ、河道の形状、周辺市街地特性、水循環系、法的区分、管理体制等
- ・ 水文特性、水循環（利用可能水量等）

特性に応じて河川が有している機能の現状整理

防災機能の向上方策

- ・ 適用可能な施設整備、その他の対策
- ・ 対策実施にあたっての制約
- ・ 整備手順

- ・ 適用可能な法制度
- ・ 防災機能等の向上方策

整備による効果の評価

(2)広範調査（葛飾区）

調査対象区域の選定等

東京都葛飾区を対象として検討した。その理由は、都市レベルの防災まちづくりに活用することが可能な河川等を多く包含していること及びまとまった市街地が形成されており、都市の中で河川等の果たす防災上の役割が大きいと考えられることである。

都市レベルの防災まちづくりにおける主要な防災対策には以下のようなものがあり、広範調査ではこれらの防災対策についての検討を行った。

延焼遮断帯（都市防火区画）

広域避難場所

避難路

緊急輸送路

巨大水利

なお、河川沿いの市街地整備と一体となった河川整備として、スーパー堤防整備があり、葛飾区では荒川、江戸川沿いで行われている。スーパー堤防は、市街地の延焼危険度そのものを減少させる面的効果を有するほか、広域避難場所として活用できるようなオープンスペースを作り出す効果もある。

検討対象とした水辺空間を表 4.2.11 に示す。

葛飾区の河川等の分布状況を図 4.2.18 に、河川を中心とした防災対策等の実施状況を図 4.2.19 に示す。

表 4.2.11 検討対象となる河川等

名 称	法的区分	管 理 者	備 考 ^{*1}			
			1,500t 以上 の水供給 ^{*2}	10ha 以上 ^{*3} または幅員 40m 以上 ^{*4} の空地確保	幅員 10m 以 上 ^{*5} の通路 等の確保	船舶の航行 ^{*6}
江戸川	一級河川	国				
荒 川	一級河川	国				
中 川	一級河川	高砂橋より上 流: 国、高砂橋 より下流: 都				
綾瀬川	一級河川	東京都		×	×	
大場川	一級河川	葛飾区		×	×	
小合溜	準用河川	葛飾区				×

*1 ○：可能 □：概ね可能 ×：不可

*2 巨大水利として活用可能な規模

*3 広域避難場所の最低規模

*4 延焼遮断帯を構成する空地の最低幅員

*5 避難路の最低幅員（歩行者専用道、緑道など車両の通行を前提としないもの）

*6 緊急輸送ルートとしての活用

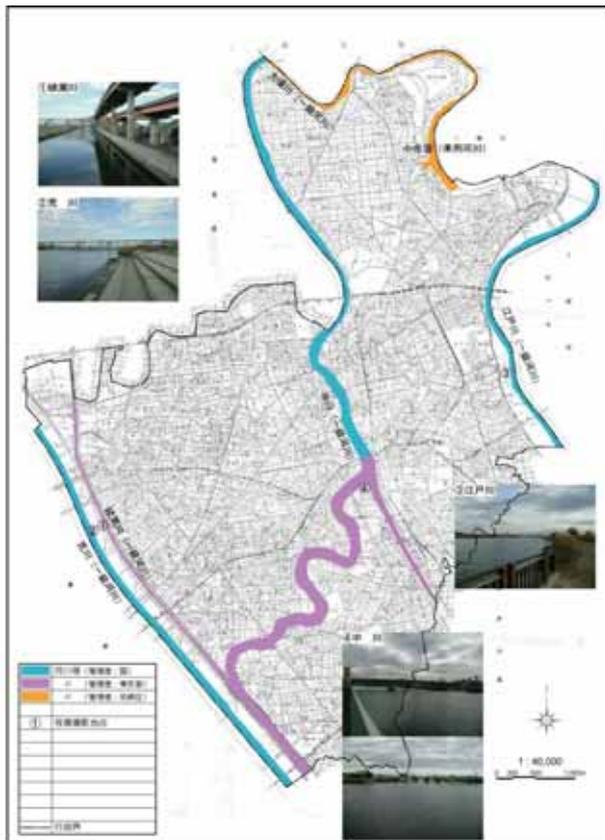


図 4.2.18 調査対象区域内の河川等の分布

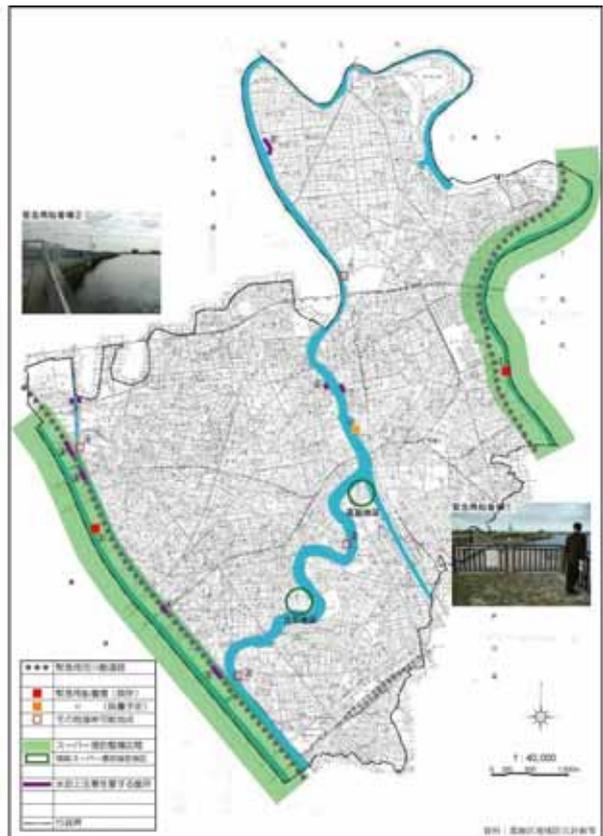


図 4.2.19 河川を中心とした防災対策実施状況

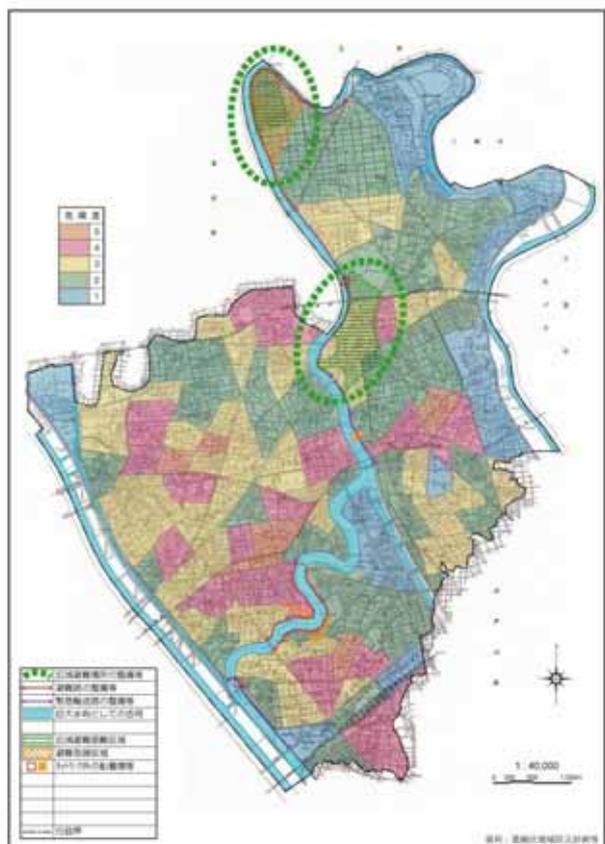


図 4.2.20 河川等の活用可能性（総括図）

都市レベルの防災体系の把握

様々な防災対策の現況について検討した結果を簡単に示すと、下記ようになる。

i)延焼遮断帯（都市防火区画）

葛飾区では、「防災生活圏」とよび、延焼遮断帯を設定している。

主な河川は全て延焼遮断帯として考慮されている。

ii)広域避難場所

葛飾区では8箇所を指定（多くは江戸川、荒川河川敷）

徒歩2km圏内を避難可能とすると、西水元地区、新宿地区、立石・四つ木地区の3箇所が広域避難困難区域となる。

市街地を分断する河川が広域避難の阻害になっている場合がある。

iii)避難路

葛飾区では、避難道路の指定は行われておらず、任意の経路を利用して避難することとされている。

(ア)葛飾区都市計画マスタープランで「主要幹線道路」、「地域幹線道路」、「生活幹線道路」として位置づけられている路線のうち、整備完了または整備中の区間、(イ)国・東京都・葛飾区選定の緊急道路啓開路線、(ウ)その他の幅員15m以上の道路を避難路とし、避難圏域から避難路まで概ね500m以内であれば良いとすると、西水元地区、小菅地区、立石・奥戸地区の3箇所が避難危険区域となる。

隣接河川を活用した避難路確保の可能性はある。

iv)緊急輸送路

阪神淡路大震災の調査事例等を参考に、幅員8m以上の道路が通行可能（緊急輸送路ネットワーク）とすると、緊急用船着場の一部はネットワークからはずれている。

v)巨大水利

東京都で導入されている遠距離大量送水車輛等を用いると、概ね2km程度まで送水可能と考えられる。しかし、河川からの実際の取水可能性は把握されていない。

以上の検討結果をまとめると、図4.2.20となる。

具体的な対策検討

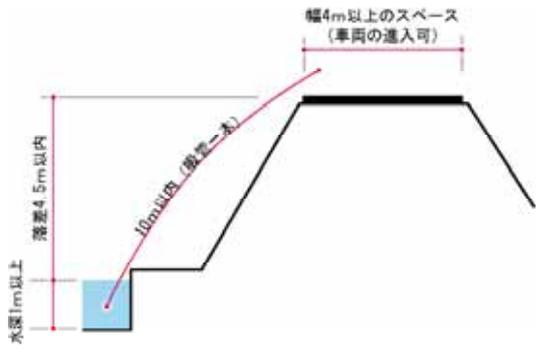
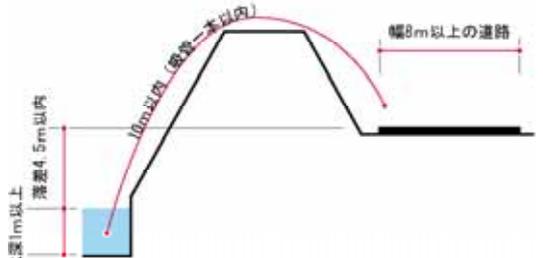
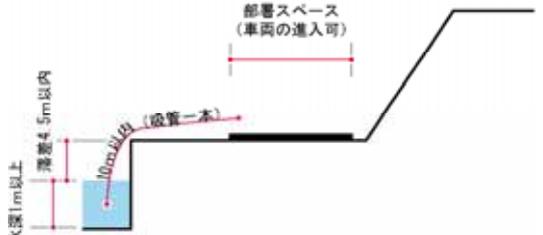
都市レベルの防災体系把握でみられた問題箇所への対策に、河川を利用する方策を検討した。以下に、巨大水利としての河川利用についてのみ紹介しておく。

河川等を巨大水利としての活用には、河川等の水面から直接取水する方法と、樋管等により提内地側に河川等の水を導水する方法の2つが考えられる。

直接取水する方法については、消防車輛の部署位置によって、堤防天端（あるいは橋梁上）からの取水、堤内地からの取水、堤外地での取水の3つに分けられる（図4.2.21）。河川からの容易な取水を可能とするためには、それぞれに必要な条件を整備する必要がある。

導水する方法については、長年にわたって水害に悩まされてきた地域の特性を考えると、新たに樋管等を設けて提内地側への導水を行うことは考えにくい。このため、排水場やポンプ場などの既存の樋管等の活用を前提とする。

問題となるのは、消防車両のアクセス道路の有無であるが、ここでは緊急輸送路の考え方と同様、幅員8m以上の幅員の道路に近接、隣接するものだけを巨大水利として利用可能なものとして選定する。ただし、道路の片側が河川に面しているなど、沿道建物の倒壊による道路閉塞の危険性が低いものについては、幅員6~7m程度の道路でもアクセス道路として機能するものと考えることとする。このような条件で選定すると、計19箇所の排水場等が活用可能である。

	方法・条件	該当する河川等
<p><u>堤防天端(あるいは橋梁上)からの取水</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・天端上に車両が進入可能であり、かつ、消防車両の部署スペース(幅4m)がある ・天端から吸管1本(10m)で取水が可能 ・天端と水面との落差が4.5m以内 ・河川等の水深が1m以上 ・橋梁の場合、幅員が8m以上(他の緊急車両等の通行を考慮) 		<p>堤防天端は該当なし</p> <p>橋梁は11箇所が該当</p>
<p><u>堤内地からの取水</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・沿川まで到達可能な幅員8m以上の道路がある。 ・部署位置から吸管1本(10m)で取水が可能 ・地盤面と水面の落差が4.5m以内 ・河川等の水深が1m以上 		<p>該当なし</p>
<p><u>堤外地での取水</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤外地への車両の進入が可能 ・開水面から吸管1本で取水可能な位置に部署スペースがある ・部署位置と水面との落差が4.5m未満 ・河川等の水深が1m以上 		<p>江戸川(全川) 荒川(全川) 中川(1箇所) 新中川(1箇所) 小合溜(1箇所)*</p>

*：水深が0.7m程度しかないため、取水柵等の設置が必要

図4.2.21 直接取水のための条件と該当河川等

水面から直接取水する方法については、現状のまま巨大水利としての活用が可能であるため、特に新たな整備は行う必要がない。堤内地側への導水を行う場合、図4.2.22のような整備が考えられる。

図4.2.23に、巨大水利の整備による効果の範囲についてのまとめを示す。

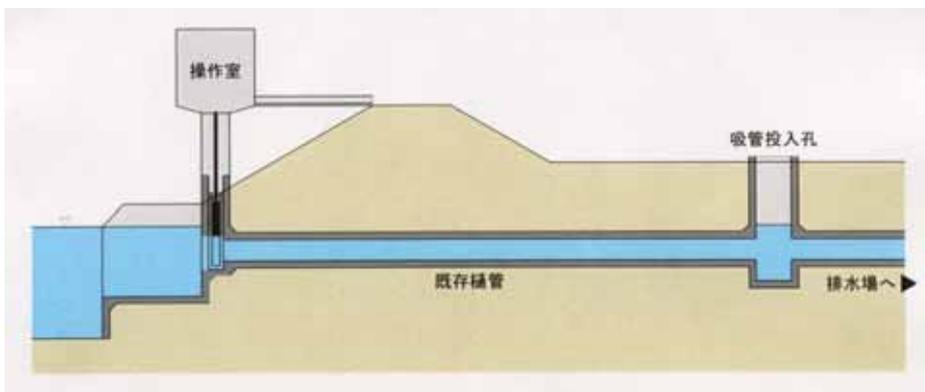


図4.2.22 導水による巨大水利取水地点の整備イメージ

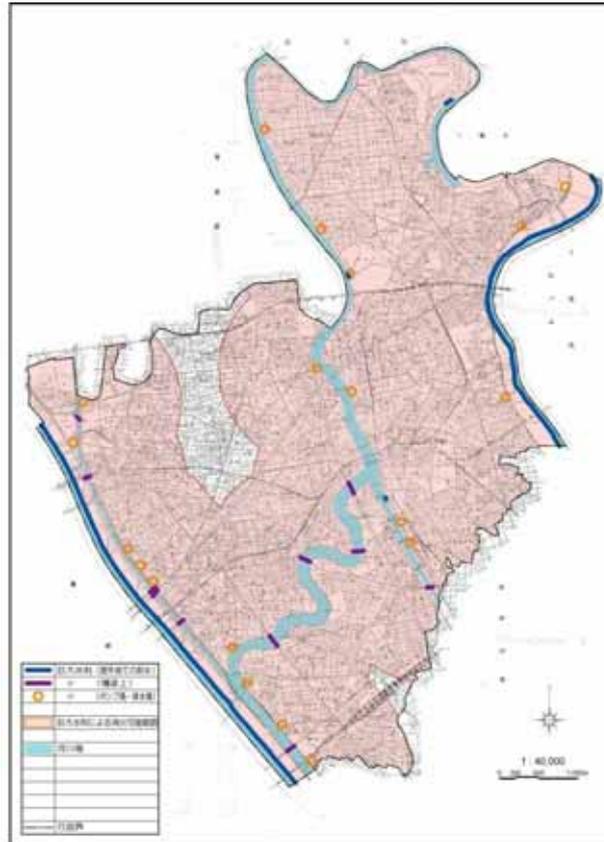


図 4.2.23 巨大水利の整備による効果範囲

(3)詳細調査（栃木県栃木市）

(a)調査対象区域の選定等

栃木県栃木市の栃木駅北側地区（約 50.4ha）を調査区域として選定した。その理由は、都市レベルの防災まちづくりに活用することが可能な河川等を多く包含しており、かつ、様々な規模の河川等が見られること、まとまった市街地が形成されており、都市の中で河川等の果たす防災上の役割が大きいと考えられることである。

地区レベルの防災まちづくりにおける防災対策のうち、河川等の活用が考えられる以下のものを検討対象とした。

- 延焼の危険性低減
- 一次避難地
- 地区防災道路
- 消防水利（指定水利・初期消火水利）
- その他の水利（生活用水等）

検討対象地区を図 4.2.24 に示す。地区内には、巴波川（県管理の一級河川）、清水川（準用河川）並びに瀬戸河原用水、沼和田西用水、沼和田東用水が流れている。これらの河川、用水路は、川幅が数m～20m弱の掘込状となっており、地盤面と水面の高さの差は約1m～3m弱である。

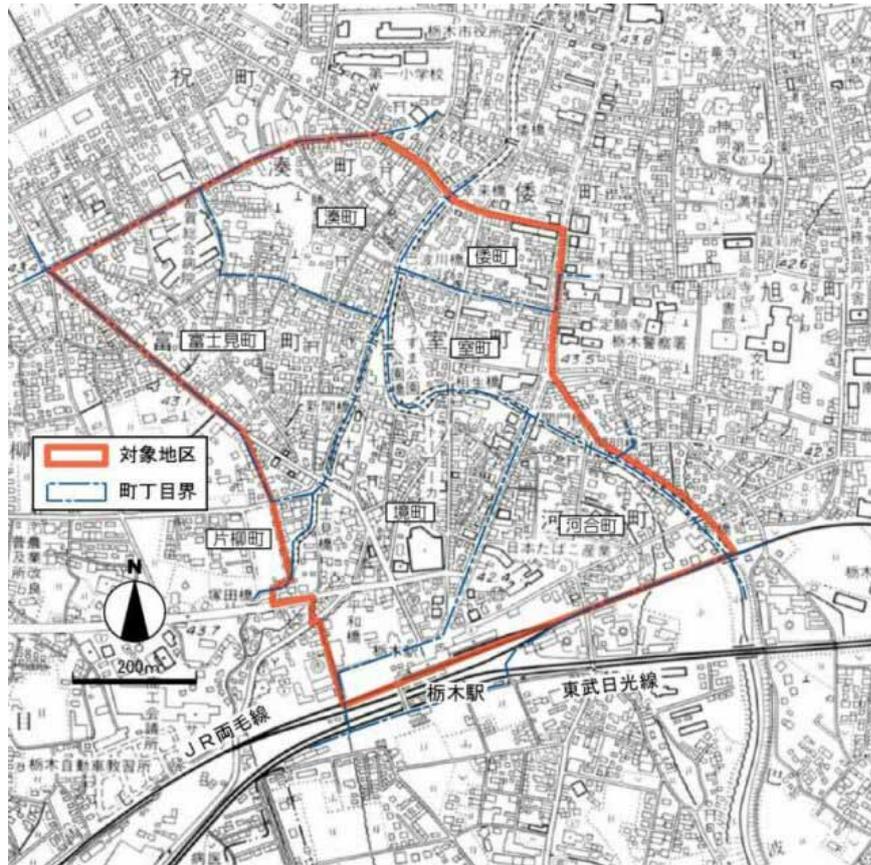


図 4.2.24 詳細調査対象地区

(b)地区レベルの防災体系の把握

対象地区の防災対策の現況につき検討した結果を簡単に示す。

延焼の危険性低減

町丁目毎の不燃領域率や木造建坪率は把握されていないが、栃木市地域防災計画の中では、調査対象域の一部が「火災危険区域」とされており、延焼の危険性は高い。これらの地区は、いずれも巴波川等の河川に接しており、これらの河川による延焼遮断効果が発揮されるものと考えられる。延焼遮断効果を強化するためには、河道や川沿いの道路の拡幅や河川沿いの建物の耐火構造化等の対策が考えられる。大規模な河川で水害の危険性が高い場合は、補助スーパー堤防等の整備に合わせて沿河市街地の面整備を行い、密集市街地の改善を行うことが考えられる。

地区防災道路

地区防災道路は、震災等の発生時に避難路を補完して地区住民の避難経路となり、また、救急車・消防車等の緊急車両の通行を確保するための道路等である。地区外周及び栃木駅北側の土地区画整理事業施行地区以外では幅員 8m以上の道路は極めて少なく、地区の内側部分が避難危険区域となっている。

河川等に隣接する区域については、河川等を活用した地区防災道路確保による避難危険区域解消の可能性が考えられる。

一次避難地

一次避難地は、大規模な震災等の発生時に地域住民の集結場所、消防救護活動の活動拠点、あるいは広域避難場所への中継地などとしての機能を果たす。

対象地区周辺には 5 箇所の一次避難地があるが、地区内の大部分はこれらの避難圏域には含まれず、一

次避難困難区域となっている。しかし、地区のほぼ中央に位置するうずま公園は、二面を巴波川に接しており、河川と一体となった公園整備により、一次避難地としての機能確保の可能性が考えられる。

消防水利（指定水利・初期消火水利）

地区内の消防水利は全て水道管を使用する消火栓によるものとなっており、震災時有効水利はない。また、初期消火水利としての活用も検討されていないため、地区全域が消防活動困難区域となっている。

河川等を消防水利として活用できる可能性がある。

地区内で、地盤面と水面との落差が最も大きくても3m程度であり、取水は可能である。しかし、流量は地区内で最大の巴波川でも0.8 m³/s程度であり、その他の用水等は消防水利としての基準（1m³/min）に満たない可能性がある。また、水深も0.5m未満の区間が多く見られることから、指定水利として活用する場合は、取水ピットの整備や堰上げなどの工夫が必要となる。なお、川沿いにあるポケットパークについては、地下構造の工夫により貯水槽として兼用できる可能性もある。また、雨水等の活用も考えられる。

その他の水利（生活用水等）

震災等によりライフラインが被災した場合、生活用水等の確保が重要となる。地区内を流下する河川、用水を水源として活用できる可能性がある。巴波川の水質は生活用水に利用できるレベルに満たないため、河川や用水を水源とする際には、水質改善のための方策検討が必要である。それ以外に、また、井戸水や雨水の活用可能性もある。特に井戸水は水質が良く、飲用にも耐えうることから、積極的な活用が望まれる。

(c)防災まちづくりにおける河川等の活用方策と整備計画

上記の検討を踏まえ、防災体系と河川等の活用可能性を考慮すると、表4.2.12のような整備方針が考えられる。また、その整備方針を地図上に示したのが図4.2.25である。

この整備方針に対応し、具体的な整備計画につき検討した。ここでは、一例として河川を活用した一次避難地の整備（うずま公園）について紹介しておく。

表4.2.12 河川等を活用した整備方針

	整備方針
延焼の危険性低減	延焼危険区域に接する河川の(及び道路)を拡幅する。 沿川を耐火建築化する。
一次避難地	うずま公園およびその対岸の瀬戸河原公園を、巴波川と一体的に整備することで、一次避難地を確保する。
地区防災道路	巴波川(幸来橋～堰(上)の区間)右岸および瀬戸河原用水(分流地点～富士見橋の区間)右岸の道路を拡幅して、地区防災道路を確保する。
消防水利 (指定水利・初期消火水利)	幅員8m以上の道路と河川・用水が接する地点に消防水利(指定水利)を整備する。 その他の地点では、河川・用水の初期消火水利としての整備を行う。 河川・用水から離れた区域では、雨水・井水等を活用した水利の整備を行う。
その他の水利 (生活用水等)	河川・用水の水を生活用水等として活用するため、水質の改善を図る。 河川・用水に取水ポイントを設け、取水が容易な構造で整備を行う。 河川・用水から離れた区域では、雨水・井水を活用した水利の整備を行う。

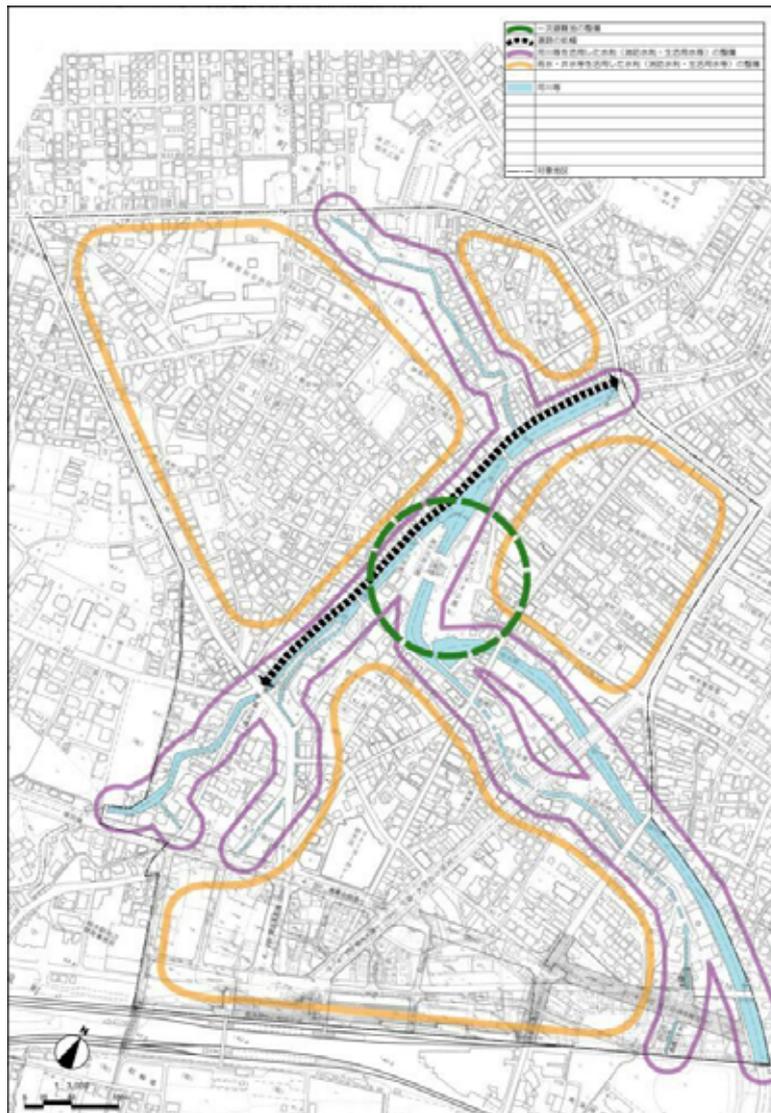


図 4.2.25 河川を活用した防災整備方針

河川等の状況、制約条件等の把握

公園の規模は 3ha 程度であり、一次避難地としての要件を満たしているが、南北に細長い形状であることや、密集した市街地に隣接していることから、防火林の形成などによる安全性の向上が不可欠である。

公園の周囲を河川・用水が取り巻いており、地盤面から水面までの落差が小さいため、比較的容易に消火水利、生活用水等として活用できる可能性がある。

周辺市街地に狭隘な道路が多く、幅員 8m以上の道路がないため、閉塞により車両のアクセスがなくなる可能性がある。

周辺を河川等に取り囲まれていることが、避難者のアプローチを阻害する可能性がある。

公園内には水道水を利用した噴水池があるが、隣接する河川を意識した整備は行われておらず、恵まれた立地条件を活かすことが出来ていない。

公園外周には桜などの樹木が植栽されているが、まばらであるため、現状のままでは高い防火機能は期待できない。

公園西側に延焼の危険性が高い地区が隣接している。

整備計画

以上の制約条件等を踏まえ、次のような整備を行うことが考えられる。

<p>防災倉庫を整備して可搬式ポンプ等の装備を納め、消火・救護活動の拠点としての機能向上を図る。 飛び石などの設置により、多方向からのアプローチを確保する。 周辺市街地からのアクセス道路を整備する。 河川水を公園内に引き込み、親水空間を整備するとともに、地下に貯水槽を設けて、消防水利や生活用水等としての活用を図る。 公園の外周を取り囲む形で防火林を形成し、さらに河川水を活用した散水施設の整備によって、安全性の向上を図る。 河川水を消防水利や生活用水等として活用するための河岸整備を行う。</p>

4.2.9 河川等の防災活用手法の整理

まちづくりと一体となった河川整備（あるいは河川整備と一体となったまちづくり）の事例を収集、整理した。調査方法は、既往の調査事例等をもとにした文献収集、現地調査およびヒアリングである。

この結果をもとに、河川とまちづくりの一体整備に関する既存事業・制度概要を整理したのが表 4.2.13 である。

表 4.2.13 河川とまちづくりの一体整備に関する既存事業・制度概要

河川	河川及び都市河川	<p>河川改修事業（直轄河川改修事業、補助河川改修事業、その他の事業） 都市河川改修事業（都市河川改修事業、都市基盤河川改修事業、都市水防防災対策事業、調節池整備事業、総合治水対策特定河川事業、河川環境整備事業、その他の事業） 準用河川改修事業 高規格（スーパー）堤防整備事業 その他の事業（特定地域堤防機能高度化事業、スーパー堤防区域内中高層耐火建築物融資制度等）</p>
	災害復旧	<p>河川災害復旧事業（床上浸水対策と特別緊急事業、河川災害復旧等関連緊急事業、河川激甚災害対策特別緊急事業、河川等災害関連事業）</p>
川	水質・周辺環境	<p>河川環境整備事業 河川再生事業 その他多種多様な事業（ふるさとの川整備事業、桜つつみモデル事業、マイタウン・マイリバー整備事業、流域水環境総合整備モデル事業、水と緑のネットワーク整備事業、河川防災ステーション、その他）</p>
都市（まちづくり）	市街地整備	<p>市街地再開発事業等（市街地再開発事業、都市活力再生拠点整備事業、防災関連再開発緊急促進事業、人にやさしいまちづくり事業、特定民間再開発事業等） 住宅市街地整備総合支援事業、優良建築物等整備事業、街なみ環境整備事業、密集住宅市街地整備促進事業等 土地区画整理事業（土地区画整理事業、その他） 都市構造再編促進事業（都市防災構造化推進事業、安全市街地形成土地区画整理事業、地区再開発事業等） その他の事業（地方都市中心市街地活性化支援制度等）</p>
	まちづくり総合支援事業	<p>まちづくり総合支援事業</p>
	都市施設	<p>街路及び道路整備事業（道路改築事業、シンボルロード整備事業、くらしの道づくり事業、「道の駅」整備事業、コミュニティ道路の整備、大規模自転車道路整備事業、ウォーキング・トレイル事業、駐車場整備事業等） 公園整備事業（基幹公園整備事業、大規模公園整備事業、緩衝緑地整備事業、その他の公園・緑地整備事業等） 下水道整備事業（公共下水道事業、流域下水道事業、都市下水道事業、新世代下水道支援事業：水環境創造事業、等） その他の施設整備事業</p>
	規制・誘導	<p>地域地区（用途地域、特別用途地区、高度利用地区、特定街区等） 地区計画等（地区計画、再開発地区計画等） 総合設計制度</p>

4.2.10 防災まちづくり計画における都市河川等の活用手法

都市河川等を震災時における防災に役立てるため、河川の持つ防災機能の把握方法や防災対策の立案方法及び手順等を検討した結果、以下のような構成で、まとめることとした。

(1)目的等

(a)目的・使い方

本とりまとめ書は、都市における防災まちづくりの一環として、河川を震災時における防災に役立てるための計画立案方法や手順を明らかにすることを目的とするものであり、下の3つ観点から整理した。

河川等を地震防災に活用するに当たって、河川等が担うことができる防災機能のあり方や基準を明らかにする。

河川等が担うことが可能な地震防災機能を満たした計画を策定するための方法や手順を明らかにする。計画を実現化するための方策について明らかにする。

また、河川整備を行う際に、地震防災機能確保という観点からの方策をマニュアル的に解説することにより、地震防災に考慮した河川整備を企画立案段階から実現化までの方法について、参考となるべくまとめた。

(b)利用者

とりまとめ書の利用者は、河川が公共施設であることから、河川を整備、維持、管理する国・県・市町村の河川行政に携わる担当者とした。

これらの担当者が、河川整備計画や事業計画を策定する際、あるいは、沿川市街地整備担当者又は沿川住民等から対象となる河川の地震防災的活用の要請を受けたとき等に、計画立案方策や事業化方策等を知るために役立てることを期するものである。

(2)対象とする河川・防災対策の範囲

(a)対象とする河川

対象とする河川は、以下のとおりである。

対象とする河川：1級河川、2級河川、準用河川、普通河川

(b)対象とする地震防災対策

対象とする地震防災対策は、大規模地震時を想定した機能確保を行うものとし、次のような防災対策を対象とした（表 4.2.14）。

表 4.2.14 地震防災対策の概要

防災対策	概要
延焼遮断帯（防火区画）の形成	木造家屋等が密集する市街地大火の危険性の高い地域を、河川・鉄道・広幅員道路等の都市の骨格的要素を活用した延焼遮断帯のネットワークにより多数の区画に分割し、大規模地震等の同時多発火災による被害を最小化することを目的としたものである。
広域避難場所の確保	大規模な震災の発生時に周辺地区からの避難者を収容し、地震に伴い発生する市街地大火から避難者の生命、身体を保護するためのものである。
広域避難路の確保	震災等の発生時に地域住民の集結場所や消防救護活動の活動拠点となる一次避難地を中継地として、広域避難場所への避難の経路となる道路等である。
緊急輸送路の確保	震災発生時等に被災者の救援や被災地の復旧活動、救援物資の輸送などを円滑に行うため、災害対策本部等として機能する市役所、町村役場等、消火・救援活動等の拠点となる消防署や警察署、物資輸送等の拠点となる緊急用船着場、広域避難場所などを網羅するネットワークである。
一次避難地の確保	大規模な震災等の発生時に地域住民の集結場所、消防救護活動拠点、あるいは広域避難場所への中継地としての機能を果たす。
地区防災道路の確保	震災等の発生時に避難路を補完して地区住民の避難経路となり、救急車・消防車等の緊急車両の通行を確保するための道路である。
消防水利の確保	震災時においては、消火栓は水道管の断裂などによって使用できなくなる可能性がある。このため、貯水槽や学校のプール、河川等の「震災時有効水利」を確保する必要がある。
生活用水等の確保	震災等によりライフラインが被災した場合、生活用水等の確保が重要となる。

(c)都市空間ごとの地震防災対策と河川等との関連

以上で述べた対象とする河川と対応する地震防災対策は、概ね次のとおりである（表 4.2.15）。

< 1 級河川・2 級河川 >

1 級河川・2 級河川は、広幅員を有する可能性が高いことから延焼遮断帯（都市防火区画）として、また、河川敷や堤防等を有する可能性が高いことから広域避難場所、広域避難路、緊急輸送路として、地震防災対策に活用出来る可能性が考えられる。また、延焼の危険性低減、地区防災道路、一次避難地、消防水利（指定水利・初期消火水利）、その他の水利（生活用水等）等にも活用出来る可能性が考えられる。

< 準用河川・普通河川 >

準用河川・普通河川は、1、2 級河川ほど大規模ではないものの、線的なオープンスペースとしての活用が見込まれるため、延焼の危険性低減、地区防災道路等の地震防災対策に活用出来る可能性が考えられる。また、消防水利（指定水利・初期消火水利）、その他の水利（生活用水等）等の防災対策にも活用できる可能性が考えられる。

表 4.2.15 地震防災対策に対応する河川等の種類との関係

	延焼遮断帯、広域避難場所、広域避難路、緊急輸送路	一次避難地	地区防災道路	水利（消火・生活用水）
1 級河川・2 級河川				
準用河川・普通河川	×	×		

(d)構成と概要

本とりまとめ書の構成及び概要は、以下のとおりである。また、検討フローを図4.2.26に示す。

1. ガイダンス編

都市河川の地震防災活用の必要性と視点

本マニュアルの目的等

基本的事項等

本マニュアルの構成

2. 計画策定編

STEP1【河川等を活用する地震防災対策の抽出】

抽出対象となる地震防災対策の選定

整備対象となる河川等の種類に応じ、検討すべき地震防災対策の選定を行う。

地震防災対策の現状を把握する

選定された地震防災対策について、「総合計画」「市町村都市計画マスタープラン」「市町村地域防災計画」等の上位計画や自治体の防災・都市計画関連部局へのヒアリング等から、現状の対策を把握する。

実施する必要がある地震防災対策を抽出する

地震防災対策の現状から、当該地域に不足する地震防災対策、河川等の活用可能性が見込まれる地震防災対策を抽出する。

STEP2【河川空間における対応の検討】

STEP1 で活用の可能性があるとして抽出した河川等について、河川空間（河川区域内）を使って地震防災対策を実施する場合と、沿川の市街地空間と一体となった地震防災対策を実施する場合が考えられる。

STEP2 では、河川（河川区域内）を使って地震防災対策を実施する場合の検討を行う。

防災機能としての要件・基準の確認

各地震防災対策について、防災機能として求められる要件・基準の確認を行う。

河川条件チェック

当該河川が、防災機能としての要件・基準を満たすかどうか、利活用・対応可能性についてチェックを行う。

対応方策の選定

当該地域・地区に求められている防災機能と当該河川の具体的な条件・利活用・対応可能性等を踏まえ、対応方策を検討する。

STEP3【沿川市街地における対応の検討】

STEP2 の河川空間内（河川区域内）だけでは、地震防災機能を満たすことが困難な場合、上位関連計画との整合を図りつつ、周辺市街地と一体となった地震防災対策の可能性を検討する必要がある。この場合、自治体の防災・都市計画関連部局との連携・協力が必要となることから、これらの連絡調整・協議のあり方を例示する。

3. 計画メニュー編

STEP2 及びSTEP3 で選ばれた、河川等を活用した地震防災対策の対応メニュー、及び河川等と沿川市街地を一体的に活用した対応メニューについて、具体的内容について事例をもとに解説する。

4. 実現化編

計画を実現するための既存の各種事業・制度の概要を整理するとともに、その活用について、各メニューに対応した事業・制度とその活用事例を示す。更に、維持・管理・運営について解説する。

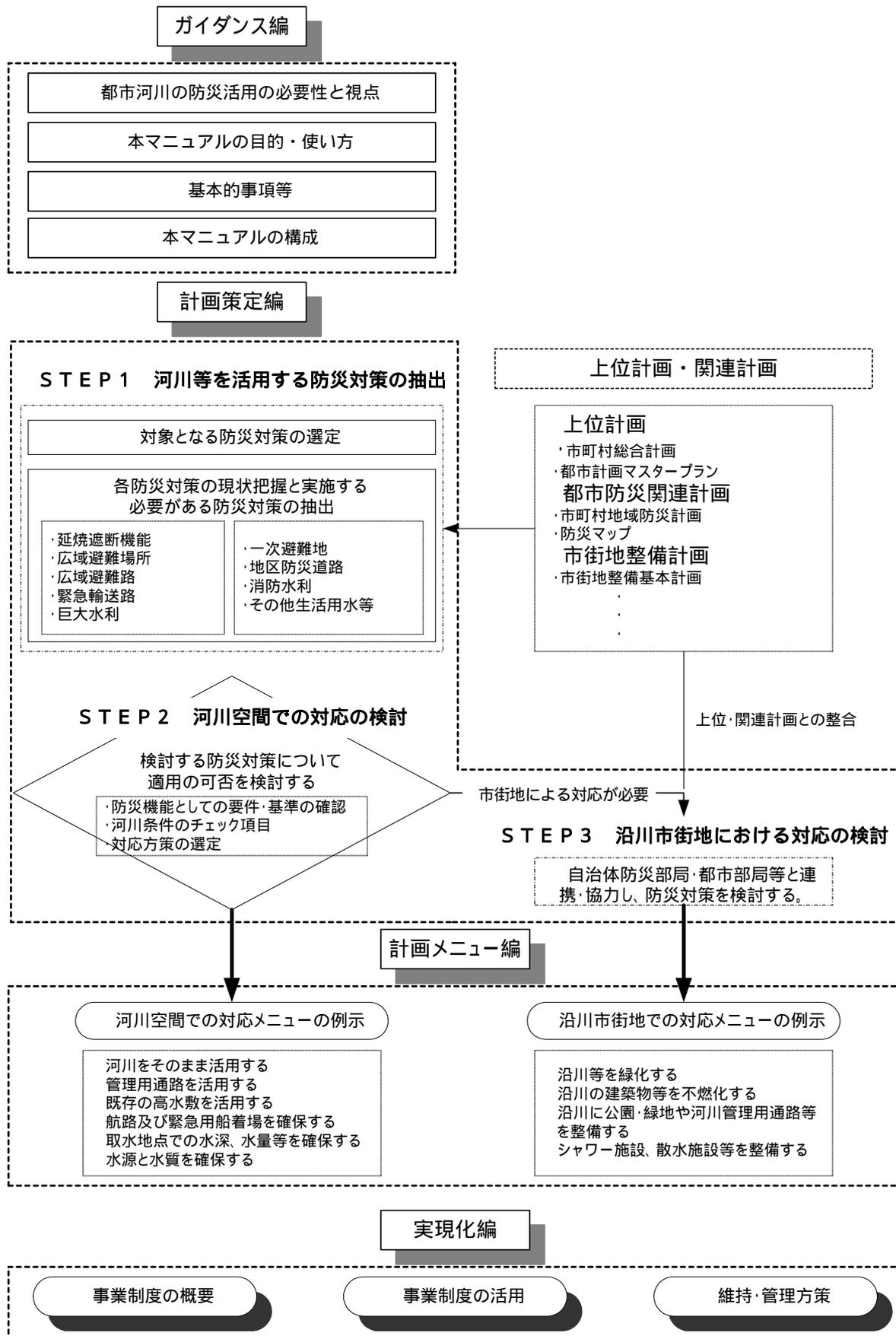


図 4.2.26 都市河川を活用した地震防災対策検討の流れ

参考文献

- 1) 亀山勤, 震災時の水利用実態と復興への取組み, 雨水技術資料, Vol.29, 1998.
- 2) 阪神・淡路大震災における消防活動の記録 神戸市域, 神戸市消防局編集, 1995.
- 3) 阪神・淡路大震災における火災状況 神戸市域, 神戸市消防局編集, 1996.
- 4) 杉山ら, 災害に強い街づくりに向けた今後の水資源の確保と河川整備のあり方, 自然災害科学, 14-2, 1995.
- 5) 神戸市消防局警防部警防課 藤井章三, 消防水利としての川, 第2回水シンポジウム講演, 1997.7.
- 6) 島谷ら, 大震災における河川水の緊急利用システムに関する研究, 環境システム研究, Vol.23, 1995.8.
- 7) 逐条問答 消防力の基準・消防水利の基準, 消防庁消防課編集, ぎょうせい ほか.
- 8) 日本火災学会編, 火災便覧 第3版, 第二編 各種の火災の実態, 8.3.3 延焼シミュレーションモデル, pp.540-545.
- 9) 関沢愛, 地震時における消防力運用の最適化に関する研究(その1) - 消防力1次運用の最適化, 火災, Vol.35, No.3, 1985.
- 10) 国際航業株式会社, 地震時の延焼シミュレーションシステムに関する調査研究 検討委員会報告, 1989.
- 11) 中野孝雄, 消防活動情報管理システムを活用した震災時利用可能水理の評価, 筑波大学熊谷研究室 修士論文, 1999.1.
- 12) 火災予防審議会, 直下地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策, 東京消防庁, 1997.
- 13) 東京消防庁, 東京都の市街地状況調査報告書(第5回), 1995.
- 14) 神戸市消防局編集, 阪神・淡路大震災における消防活動の記録(神戸市域), 1995.
- 15) 消防庁: 阪神・淡路大震災の記録1, 1996.
- 16) 消防庁: 阪神・淡路大震災の記録 別巻: 資料編, 1996.
- 17) 消防庁, 兵庫県南部地震に伴う市街地大火の延焼動態調査報告書, 1995.
- 18) 塚口ら, 空中写真を用いた震災直後の道路被害状況分析, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, 1996.1.
- 19) 家田ら, 阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響, 土木学会論文集, No.576/ -37, 1997.10.
- 20) 小谷ら, 震災による地区道路網の閉塞状況に関する分析, 第16回交通工学研究発表会論文報告集, 1996.11.
- 21) 日本火災学会, 1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書, 1996.